UNIVERSITE DE LIEGE

BELGIQUE

VOL. 22 – 1952-1953

ARCHIVES
DE
L'INSTITUT DE BOTANIQUE

sous la direction
du
Professeur Ray. BOUILLENNE.

UNIVERSITY OF ARIZONA
AUG 12 1955
LIBRARY

1. R. BOUILLENNE : Les Hautes-Fagnes de Belgique.
2. R. BOUILLENNE et M. BOUILLENNE-WALRAND : Influence des impuretés contenues dans les hormones de synthèse (qualité technique) sur la croissance d'organismes végétaux inférieurs.
3. R. BOUILLENE et M. BOUILLENNE-WALRAND : Sur l'importance, pour l'agriculture, de la pureté des hormones de synthèse et herbicides sélectifs.
4. M. BOUILLENNE-WALRAND : Action d'herbicides 2-4D et homologues sur le tallage et le rendement des céréales.
5. C. SIRONVAL : Modification de la forme de la première feuille chez le fraisier.
6. C. SIRONVAL : Expériences sur la fragmentation des tiges de *Funaria Hygrometrica L.*
7. C. SIRONVAL : A propos du métabolisme de la chlorophylle dans la feuille (ses rapports avec la floraison).
8. C. SIRONVAL : A propos des difficultés de la culture d'hiver de *Fragaria Vesca L., var. Semperflorens Duch.*
9. C. SIRONVAL : Un exemple de lutte physiologique contre l'infection.
10. J. PETIT : Sur la détermination du sexe chez *Cannabis sativa* dans les conditions expérimentales du Phytotron de Liège.
11. R. BOUILLENNE et M. FOUARGE : Etude d'un nouveau type d'éclairage fluorescent pour la culture en serre. (Laitue d'hiver et de printemps, choux, tomates.)
12. R. BOUILLENNE et C. SIRONVAL : Une nouvelle méthode de culture de *Begonia Semperflorens Link. et Otto.*
13. P. DEUSE : Ecologie de *Molina Coerulea, Moench* - Germinations.
14. M. DAHMEN et J. RAMAUT : Composition chimique de quelques type de sols acides et leur microflore fongique.
15. J. RAMAUT et P. DEUSE : Etude de la perméabilité de la tourbe à l'eau.
16. J. RAMAUT : Contribution à l'étude du pouvoir inhibiteur des extraits aqueux et alcooliques de tourbe vis-à-vis d'un germe du sol.

QH 1
.A22
52-53

LA MÉTALLIQUE

FABRIQUE NATIONALE D'ARMES DE GUERRE

s. a.

HERSTAL - lez - LIÈGE

Fraîchement moulu, le café est bien meilleur !

Vous le savez : pour obtenir un café réellement savoureux, il faut le moudre immédiatement avant l'emploi, sinon il perd son arôme.

LE MOULIN A CAFÉ ÉLECTRIQUE **ACEC** vous permettra de servir un café véritablement exquis qui réjouira toute votre famille .. et vos amis.

Vous pressez sur le bouton 15 secondes seulement, et hop !... votre café est moulu, sans effort, en un clin d'œil. Et vous l'employez au moment précis où son arôme est à son maximum.

Son prix ? une agréable surprise

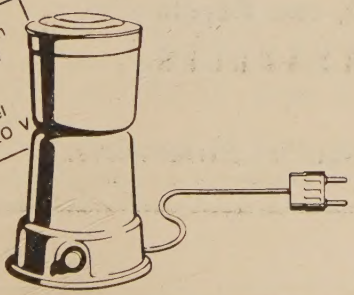
le moulin à café électrique **ACEC**

ne coûte que **595 fr**

... et il pulvérise également le sucre, le riz, les amandes, les pois secs, les haricots, etc.

Elégante réalisation en bakélite blanche

Moteur universel de 110/130 V ou 220 V



C'est encore une création **ACEC**

EN VENTE CHEZ VOTRE ELECTRICIEN

137

ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ELECTRIQUES DE CHARLEROI

Société Belge d'Optique
et d'Instruments de Précision

- 108 -
r. de la Prairie

GAND

Microscopes
Microprojecteurs.

Loupes
Binoculaires

Instruments Scientifiques

J. D. X.

Les Ateliers Damuzeaux

239, rue Royale
BRUXELLES

Tout pour le Laboratoire.

UNIVERSITE DE LIEGE VOL. 22 – 1952-1953

BELGIQUE

ARCHIVES
DE
L'INSTITUT DE BOTANIQUE

sous la direction
du
Professeur Ray. BOUILLENNE.

1. R. BOUILLENNE : Les Hautes-Fagnes de Belgique.
2. R. BOUILLENNE et M. BOUILLENNE-WALRAND : Influence des impuretés contenues dans les hormones de synthèse (qualité technique) sur la croissance d'organismes végétaux inférieurs.
3. R. BOUILLENE et M. BOUILLENNE-WALRAND : Sur l'importance, pour l'agriculture, de la pureté des hormones de synthèse et herbicides sélectifs.
4. M. BOUILLENNE-WALRAND : Action d'herbicides 2-4D et homologues sur le tallage et le rendement des céréales.
5. C. SIRONVAL : Modification de la forme de la première feuille chez le fraisier.
6. C. SIRONVAL : Expériences sur la fragmentation des tiges de *Funaria Hygrometrica L.*
7. C. SIRONVAL : A propos du métabolisme de la chlorophylle dans la feuille (ses rapports avec la floraison).
8. C. SIRONVAL : A propos des difficultés de la culture d'hiver de *Fragaria Vesca L., var. Semperflorens Duch.*
9. C. SIRONVAL : Un exemple de lutte physiologique contre l'infection.
10. J. PETIT : Sur la détermination du sexe chez *Cannabis sativa* dans les conditions expérimentales du Phytotron de Liège.
11. R. BOUILLENNE et M. FOUARGE : Étude d'un nouveau type d'éclairage fluorescent pour la culture en serre. (Laitue d'hiver et de printemps, choux, tomates.)
12. R. BOUILLENNE et C. SIRONVAL : Une nouvelle méthode de culture de *Begonia Semperflorens Link. et Otto.*
13. P. DEUSE : Ecologie de *Molina Coerulea, Moench* - Germinations.
14. M. DAHMEN et J. RAMAUT : Composition chimique de quelques type de sols acides et leur microflore fongique.
15. J. RAMAUT et P. DEUSE : Etude de la perméabilité de la tourbe à l'eau.
16. J. RAMAUT : Contribution à l'étude du pouvoir inhibiteur des extraits aqueux et alcooliques de tourbe vis-à-vis d'un germe du sol.

CORRESPONDANCE ET ECHANGES

Pour tout ce qui concerne les ARCHIVES DE L'INSTITUT DE BOTANIQUE DE L'UNIVERSITE DE LIEGE, nous vous demandons de vouloir bien envoyer la correspondance à l'adresse suivante :

M. le Secrétaire
des Archives de l'Institut de Botanique
de l'Université de Liège.
3, rue Fusch, Liège (Belgique).

Digitized by the Internet Archive
in 2025

https://archive.org/details/archives-de-institut-de-botanique_1952-1953_22

LES HAUTES FAGNES DE LA BELGIQUE

LES HAUTES FAGNES DE LA BELGIQUE

par

R. BOUILLENNE

Membre de l'Académie,
Professeur à l'Université de Liège,
Directeur de la Station Scientifique des Hautes-Fagnes
et du Musée Léon FREDERICQ.

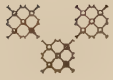


FIG. 1. — Coupe transversale schématique d'un drain tracé à travers une tourbière : après peu de temps, le drain s'approfondit par érosion ; il vide la nappe hydrobotanique (tapis végétal caractéristique : Sphagnetalia) ; il épuise la nappe aquifère de la tourbe ; il pénètre dans l'argile de base, arrache celle-ci et l'entraîne.

Introduction

Le plateau des Hautes-Fagnes de Belgique est une région naturelle pratiquement inhabitée qui a depuis longtemps attiré l'attention des naturalistes, des forestiers, des hydrologues et des touristes. Cependant, les points de vue d'intérêt ont évolué. Par exemple, l'hypothèse d'un îlot glaciaire maintenu dans les Hautes-Fagnes par la permanence de conditions climatiques relativement sévères (L. FREDERICQ, 1904), a dû être revisée lorsque l'étude des facteurs de la localisation des espèces dites arctiques-alpines a été peu à peu entreprise (R. BOUILLENNE, 1926-34-45) et que les géologues ont démontré que les coulées pierreuses n'étaient pas en rapport direct avec les phénomènes glaciaires (P. FOURMARIER, 1923). De même l'opportunité d'assainir les tourbières et de généraliser la plantation de bois artificiels d'Epicéa doit être réexaminée.

D'une manière générale, on peut affirmer que les problèmes que pose la Nature dans les Hautes-Fagnes sont directement ou indirectement liés à ceux qui résultent de l'existence des tourbières. (Fig. II.)

Il s'agit de tourbières bombées. Dans les vallées, existent des tourbières d'autres types dont nous ne nous occuperons pas ici. La couverture végétale est constituée par une strate muscinale formant un tapis humide composé principalement du genre Sphagnum; cette strate muscinale présente une acidité allant de pH 3.8 à 4.6; elle végète en milieu très pauvre en sels, sans contact ou presque avec un sol minéral. Elle est elle-même le biotope d'une végétation herbacée et sous-arbustive très particulière.

On sait aujourd'hui que les espèces des Hautes-Fagnes appartiennent aux associations des tourbières acides à caractère boréo-atlantique ou médio-européen et qu'elles s'y retrouvent partout où les faciès ne sont pas dégradés.

Les complexes biogéographiques des tourbières à Sphagnum hygrophiles sont extrêmement instables étant donné l'accommodabilité réduite de ces espèces de mousses ainsi que la spécialisation extrême de leurs exigences (pH, oxygène, oligotrophie, etc...). Le point important est que ce sont les Sphagnum qui entretiennent les conditions de milieu qui sont favorables à leur propre croissance, comme à celle des autres espèces de la communauté et que toute altération touchant la biologie des mousses entraîne, non seulement la disparition de celles-ci, mais aussi celle des autres plantes : *Erica tetralix*, *Eriophorum div. sp.* (Linaigrette), *Oxy-*

coccus quadripetalus (Canneberge), *Narthecium ossifragum*, *Andromeda polifolia* (Andromède), *Empetrum nigrum*, etc..., groupées phytosociologiquement, selon les endroits, en associations particulières définies par les spécialistes dans leurs nombreux travaux sur la végétation des tourbières (Ericeto-Sphagnetalia, SCHWICKERATH - - 1940, voir J. LOUIS et J. LEBRUN — 1942, J. LEBRUN et coll. — 1949, P. DUVIGNEAUD — 1949, VAN DEN BERGEN — 1951).

Nous examinerons attentivement les facteurs biologiques compliqués et précis dont dépend la permanence d'une tourbière. La vulnérabilité de cette formation végétale semble avoir échappé à beaucoup.

Nous étudierons ensuite le rôle de ces tourbières aux points de vue hydrologique, forestier et économique. Mais il convient tout d'abord de prendre contact avec certains faits qui concernent tout particulièrement la biogéographie de la région des Hautes-Fagnes.

FIG. II. — Les tourbières de la Fagne wallonne et la plantation d'épicéas de Drello, localisée sur bonne terre.

Photo Paul Deuse.

Les tourbières bombées ne sont pas établies sur toute la surface des Hautes-Fagnes. Elles occupent uniquement les légères dépressions qui marquent les pentes entre les crêtes et les rivières. Elles sont surtout développées aux têtes de sources des rivières, dans les zones largement étalées en amphithéâtres. Dans l'ensemble, boisées ou non, elles occupent 80 % de la superficie du territoire. (Fig. III.)

Elles sont relativement anciennes, postérieures à la dernière glaciation car il n'y a pas dans la tourbe de traces de dépôts interglaciaires.

FIG. III. — Vaste amphithéâtre de tourbières dans la Fagne wallonne (au centre un drain important).

Les spectres polliniques ont montré qu'elles ont commencé à se former il y a plus de 7.000 ans vers la fin de la période préboréale (R. BOUILLENNE, M. BOUILLENNE-WALRAND, S. DEFOSSEZ — 1937). Certains auteurs ont daté la tourbe du fond des « viviers » comme formée pendant la 2e période du tardiglaciaire (FLORSCHUTZ et VAN OYE 1938).

L'importance du rôle joué par la couverture végétale (Ericeto-Sphagnetalia) dans la formation et l'évolution des tourbières est souvent ignorée ou mal comprise. C'est pourquoi nous croyons utile d'examiner tout d'abord les rapports entre la végétation et la tourbe.

CHAPITRE I

Le rôle des Sphagnetalia dans la vie des Tourbières*

Comme nous l'avons dit, la biologie des espèces de Sphagnum est exceptionnelle. Ces mousses vivent dans des conditions spécialisées de marécages à forte acidité et à très faible teneur en sels minéraux. Elles ont un considérable pouvoir de rétention de l'eau météorique grâce à leur organisation foliaire qui comporte des cellules très grandes, véritables réservoirs d'eau et grâce aux dispositions des tiges et des rameaux qui, formant une sorte de feutrage, s'imprègnent largement par capillarité. Par 100 grammes de matières sèches, elles sont capables de tenir entre

FIG. IV. — Sphagnum sp. A g., disposition particulière des rameaux et des feuilles permettant la rétention d'eau par capillarité ; à dr., un sporange.

(*) *Extrait du Bulletin mensuel du C.B.E.D.E. : N° 39, Novembre 1953, pp. 192 à 195 (Centre belge d'études des Eaux).*

Communication faite aux Journées Internationales des Eaux-Douces, Verviers, 5, 6 et 7 septembre 1953.

Texte rédigé en l'honneur du Prof. KUHNHOLZ-LORDAT de l'Ecole Nationale d'Agriculture de Montpellier, à l'occasion de la publication d'un volume jubilaire.

2.400 et 3.550 grammes d'eau dont 70 % sont mobiles, s'égouttant vers le bas ou s'évaporant et que la pluie restitue (R. BOUILLENNE et A. WILLAM — 1938). (Fig. IV.)

Ces organismes grandissent chaque année vers le haut tandis que leurs parties inférieures meurent, se tassent, noircissent et deviennent de la tourbe. Ainsi, l'épaisseur de la tourbière augmente progressivement... davantage là où les Sphagnum poussent vite. Les conditions les plus favorables sont généralement situées au centre des dépressions du sol argileux dans lesquelles le marécage s'est établi originairement. Il en résulte que c'est en ces endroits que les bombements de la haute tourbière se manifestent. (Fig. V.)

Les propriétés biologiques de Sphagnum sont responsables de la transformation du matériel végétal en tourbe. En effet, la putréfaction qui normalement s'empare de toute matière organique est ici ralentie ou interrompue.

FIG. V. — Tranche d'exploitation d'une tourbière bombée dans la Fagne du Mont Rigi.

Photo M. Laloux.

Les raisons en sont encore discutées. Toutefois, on sait aujourd'hui que les Sphagnum sont capables de faire la synthèse et de lâcher, dans le milieu, des complexes organiques à réaction acide; mais ce n'est pas

leur acidité en tant que telle qui joue le seul rôle actif à ce point de vue (J. RAMAUT, diverses publications du Laboratoire des Fagnes -- 1946-1948 sur l'origine de l'acidité des eaux et la microbiologie).

Lorsqu'en surface, le Sphagnum et les espèces accompagnantes disparaissent, il n'y a plus formation de tourbe : dans les tourbières bombées, seuls les Sphagnetalia sont turfigènes.

La tourbe est une accumulation de restes végétaux dont la structure est remarquablement conservée et permet de reconnaître au microscope feuilles ou parties de feuilles, branches, grains de pollen, cellules diverses, fruits, et même on y retrouve des troncs d'arbres entiers. On peut ainsi, comme nous l'avons signalé plus haut, reconstituer l'histoire des tourbières et l'évolution des climats depuis l'origine des dépôts végétaux. (Fig. VI.)

Selon leur nature, les matériaux entassés laissent entre eux des fissures plus ou moins grandes, le long desquelles glisse généralement une eau relativement mobile. Celle-ci s'évacue par des sortes de tunnels qui sillonnent le fond des tourbières le long des lignes de pente. La résurgence en est reconnaissable par la nature des associations végétales qui caractérisent ces endroits (F. DARIMONT, 1939).

FIG. VI. — Un tronc de Bouleau fossile, enraciné au milieu de l'épaisseur d'une tourbière près du Mont Rigi.

Photo R. Bouillenne.

En gros, la masse noire est de consistance colloïdale, d'autant plus marquée que l'on se rapproche des niveaux anciens, c'est-à-dire du fond de la tourbière. Comme tous les colloïdes émulsoïdes, le complexe tourbeux s'imbibe d'eau jusqu'à saturation avec une grande puissance d'attraction; il est capable, lorsqu'il est sous-imbibé, de retirer l'eau du tapis du Sphagnum qui le recouvre. Au-delà du point de saturation, il continue à s'imprégner, dans la mesure où le tapis végétal est lui-même capable de lui procurer un excès d'eau. A ce moment, la tourbe se comporte comme un filtre à travers lequel l'eau passe par simple gravité.

Par 100 grammes de matière sèche, la tourbe peut contenir suivant le moment de son prélèvement en place dans la tranche d'une tourbière et suivant le niveau, entre 1.000 et 1.962 grammes d'eau. La teneur en eau la plus forte est généralement observée vers un mètre de profondeur. Mais, si au lieu d'une tourbe égouttée, on pèse une masse hydratée au maximum après la pluie ou trempée au laboratoire ou bien encore prélevée dans le marécage, on constate que 100 grammes de matière sèche peuvent incorporer 6.000 grammes d'eau. Dans cette éventualité, en plus de l'eau prise pour la saturation du colloïde, qui représente 16,6 % à 22,7 % du poids total, il y a celle qui est absorbée par capillarité. Cette dernière peut être évaluée de 67,3 % à 83,3 % du poids total (R. BOUILLENNE, 1938; DEUSE et J. RAMAUT, 1953). (Fig. VII.)

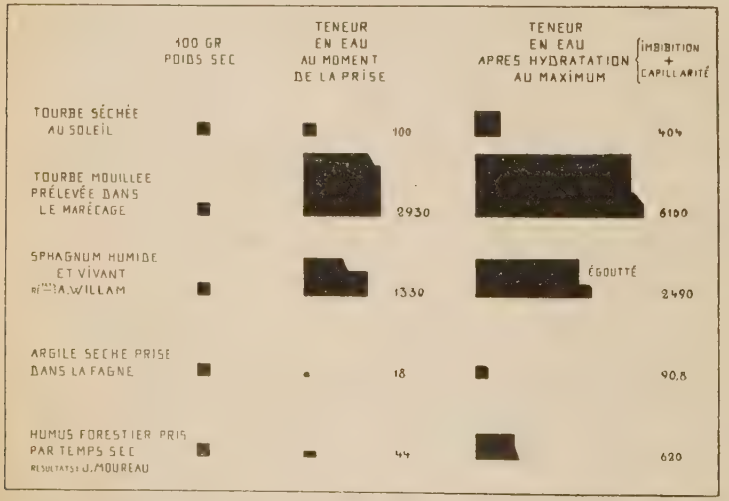


FIG. VII. — Tableau des valeurs comparatives de la teneur en eau des divers échantillons de tourbe, de tapis de Sphagnum, d'argile et d'humus forestier.

Rapports réciproques entre Sphagnetalia et Tourbe.

Le pH de la tourbe se maintient aux environs de 4.6. malgré des légères fluctuations correspondant aux mois d'hiver et aux mois secs de l'été (L. DELARGE. 1939).

Les observations faites à la Station Scientifique des Hautes-Fagnes depuis près de 25 ans (Fig. VIII) par des compatriotes et aussi par des étrangers qui y ont séjourné, ont montré que :

1) D'une part. le Sphagnetum alimente en eau la masse tourbeuse et la protège contre la dessiccation. La considérable capacité en eau du Sphagnetum est entretenue non seulement par la pluie mais aussi par le brouillard. De plus. le rôle protecteur du Sphagnetum contre la sécheresse se révèle lorsque ces mousses deviennent blanchâtres: elles forment. à cause de leur mauvaise conductibilité thermique et de leur feutrage épais. une sorte de couverture qui sépare les parties inférieures des conditions de haute température et de sécheresse préjudiciables à l'état colloïdal de la tourbe. Cette protection existe également là où la tourbe est à nu entre les coussins de Sphagnum : il se forme une pellicule

FIG. VIII. — Station scientifique des Hautes-Fagnes, « out post » de l'Université de Liège, à 675 m. d'altitude ; vue prise en décembre 1950.
Photo P. Deuse.

d'Algues filamenteuses, reviviscentes, à membranes mucilagineuses, collant à la surface de la tourbe et empêchant l'altération de celle-ci. Ces Algues sont écologiquement associées au Sphagnetum.

Lorsque, par accident, la tourbe se dessèche exagérément et atteint un certain seuil de teneur en eau, elle subit une transformation dans sa structure physique, et perd ses propriétés colloïdales (CLOSSET et CRUCIFIX, 1938) : elle devient irréversiblement une matière incapable de se réimbiber, se désagrégeant sous forme pulvérulente, entraînée par le ruissellement, troublant la pureté des eaux des ruisseaux et rivières en aval; elle subit, loin du Sphagnetum, les phases d'une décomposition qui libère des substances diverses (sels de Fe et de Mn que la tourbe a fixés pendant des siècles grâce à sa fonction filtrante) et des matières humiques en dissolution. Cette libération se fait sous des complexes organiques difficiles à éliminer par les techniques de la purification des eaux.

On peut donc affirmer que le Sphagnetum stabilise la masse tourbeuse quant à sa structure colloïdale, par une protection efficace contre une déshydratation excessive et quant à sa complexité chimique, par les conditions antiseptiques qu'il y entretient.

Cette stabilisation de la structure colloïdale de la tourbe et son maintien en état de non désagrégation ne sont pas dépourvus d'intérêt quand on considère le souci que l'on prend pour distribuer de l'eau pure à une large clientèle industrielle ou privée et quand on est informé que seul le Sphagnetum est capable de maintenir spontanément la pureté des eaux de Fagnes en assurant leur filtration dans une tourbe durable et leur pauvreté microbienne.

Nous reviendrons plus loin sur le rôle quantitatif du Sphagnetum au point de vue de la régulation de la circulation hydrique.

2) D'autre part, la vie d'un Sphagnetum turfigène est sous la dépendance de conditions très particulières (substratum d'argile imperméable ou de tourbe intacte et humide, abondance d'eau oligotrophique.

Toute altération dans la structure d'une masse tourbeuse (consistance colloïdale, degré de compacité, pouvoir d'imbibition, capacité en eau et en air, etc...) détermine une diminution de la croissance du Sphagnetum pouvant aller jusqu'à la disparition à la fois des mousses et des plantes accompagnantes. On constate parallèlement que dans ces conditions une Graminée *(Molinia coerulea)* se substitue aux associations typiques et hâte leur élimination par ses longues feuilles recouvrantes, formant un « Mulch » (*) épais. (Fig. IX.)

Les conditions exactes qui déterminent en pleine tourbière l'installation de Molinia en peuplements presque purs, appelés de ce fait *Moli-*

nietosum (**) ne sont pas encore élucidées complètement. Cependant, on a pu observer que Molinia s'établit partout où la masse tourbeuse d'une tourbière est altérée : en bordure de la tranche des exploitations de tourbe; sur le fond abandonné de ces exploitations; le long des fossés de drainage traversant un Sphagnetum intact; sur les surfaces ayant subi l'action d'incendies d'herbes ou de Bruyères, dans lesquels le feu n'a pas entamé le substratum, etc...

Paul DEUSE, Conservateur de la Station Scientifique, est actuellement occupé à la recherche des causes qui font que la végétation typique de tourbières bombées des Hautes-Fagnes est presque partout remplacée par *Molinia*. Nous attachons à la réalisation de ce travail la plus grande

FIG. IX. — Peuplement presque pur d'une Graminée Molinia coerulea Moench, ayant étouffé les associations typiques des Fagnes (Ericeto-Sphagnetalia).
Photo P. Deuse.

importance. *Molinia* existe normalement parmi la végétation de certaines prairies non amendées et de certaines associations forestières (C. VAN DEN BERGHEN, 1951) ; mais il est surprenant de voir s'établir la domination exclusive de cette plante sur tourbe dégradée.

(*) *Mulch :* Litière formée par les abondantes feuilles abandonnées par la plante à la fin de chaque période végétale.

(**) Voir note p. 34.

Dans tous les cas, le tapis de *Molinia* n'est pas turfigène et son installation provoque l'arrêt de la formation de la tourbe.

De nos jours, le remplacement du Sphagnetum par un Molinietosum sur tourbière altérée s'amplifie au point qu'un même observateur peut s'en rendre compte en peu d'années. Il intéresse de plus en plus les 15.000 hectares du Haut-Plateau ainsi que la totalité des autres régions tourbeuses de la Haute-Ardenne. Il est une indication d'un déséquilibre entre la végétation du Sphagnetum et le substrat colloïdal. Les biologistes considèrent comme prochain le moment où les tourbières cesseront d'être actives et où les dépôts anciens se dégraderont progressivement.

Ainsi donc, les *Sphagnetalia* sont liés à la tourbe parce qu'ils en déterminent la formation et aussi parce qu'ils l'entretiennent en eau, l'empêchent de se dessécher exagérément et l'imprègnent de produits de conservation. Réciproquement, la tourbe humide et colloïdale est l'un des substrats les plus favorables à la croissance et au maintien des *Sphagnetalia* puisqu'ils disparaissent sur tourbe altérée et drainée et qu'ils sont remplacés par d'autres groupements comme ceux des faciès à Molinia non turfigène.

Cette double relation maintient en somme un équilibre biologique qui est fort peu stable et qui, une fois détruit, n'est pas réversible dans l'état actuel des Hautes-Fagnes. Les tourbières en activité sont les artisans de leur propre existence.

Équilibres hydrobotaniques dans les tourbières

Les tourbières bombées se sont épaissies et agrandies grâce au maintien des divers équilibres biologiques et hydriques qui dépendent des relations réciproques entre les végétations Sphagnetalia et la tourbe sous-jacente.

Les Sphagnetalia sont responsables des conditions aboutissant à la formation de la tourbe; la tourbe de son côté est le substrat le plus approprié à la vie des Sphagnetalia. Les Sphagnetalia retiennent l'eau météorique, en ralentissent le glissement à la surface des tourbières et l'imprègnent des produits organiques naturels que le Sphagnum synthétise; la tourbe, une fois que sa masse colloïdale est saturée, est pénétrée par l'eau des Sphagnetalia; elle la filtre, la conduit par gravité jusqu'à la base imperméable de la tourbière et la restitue après une percolation dont la vitesse est en rapport avec sa structure colloïdale et les fissures qui s'y présentent.

La destruction de ces équilibres est actuellement en cours; elle est due à l'assainissement par drains, que ceux-ci soient ou non suivis de plantations d'épicéas.

Les Sphagnetalia sont étouffés et disparaissent sous des végétations non turfigènes; la tourbe s'affaisse, se désagrège, perd ses propriétés et, sa structure devenant pulvérulente, elle est entraînée par érosion dans des fossés qui s'approfondissent dangereusement jusque l'argile de base.

La question de savoir si la plantation de bois d'épicéas excuse ou justifie la dégradation systématique des tourbières des Hautes-Fagnes est posée aujourd'hui avec clarté, étant donné les résultats acquis.

Nous estimons que les tourbières bombées, épaisses et vivantes, sont plus efficaces au point de vue de la régulation des eaux et du maintien des qualités de celles-ci :

1) qu'un bois d'épicéas planté sur tourbe, car un tel bois planté sur tourbe de plus de 0,50 m. d'épaisseur pousse mal et finit par détruire la tourbe;

2) qu'un bois planté à l'emplacement d'une tourbière dont la tourbe a été enlevée et ne laisse à la disposition des racines qu'une argile imperméable et stérile. Un tel bois est improductif et ne crée par un humus suffisant pour tenir une nappe aquifère équivalente à celle qui existe dans deux ou trois mètres de tourbe;

3) enfin, qu'un bois d'épicéas planté sur tourbe de 50 cm. d'épaisseur. Celui-ci pousse assez bien, mais la nappe aquifère de cette plantation est nécessairement celle de la tourbe. Malheureusement, cette tourbe sera détruite par le bois et la nappe aquifère de la tourbe en sera diminuée d'autant.

La réserve d'eau des Hautes-Fagnes est principalement située dans les tourbières et non dans les boisements réalisés en lieu et place de ces tourbières. La comparaison au point de vue hydrologique entre le rôle d'une tourbière et celui d'une plantation faite sur bonne terre perméable et fertile n'est pas soutenable et ne permet pas de servir de base à une argumentation scientifique. Seule compte la comparaison entre le rôle d'une tourbière et celui d'une plantation établie sur le même sol stérile et imperméable. C'est ce que nous allons examiner dans les chapitres suivants.

CHAPITRE II

Le régime hydrique des Hautes Fagnes et la végétation des Tourbières.

Dans les Hautes-Fagnes de Belgique, les problèmes de la circulation de l'eau météorique sont sous la dépendance de la couverture végétale très particulière des Sphagnetalia et d'un substratum de tourbe dont la formation résulte de la croissance et de la nature de cette même végétation. Le régime hydrique y est lié à la présence des tourbières et aux conditions de leur stabilité. Cette dépendance très remarquable que nous avons signalée au chap. I, demande à être précisée objectivement.

Le rôle des tourbières est dominant dans cette région parce que 1) il n'existe pas de nappe aquifère profonde. (Le sous-sol géologique est constitué de bancs de Quartzites et de Quartzophyllades réviniens recouverts d'une argile compacte et imperméable dont l'origine est principalement la désagrégation de ces roches et aussi le résidu (argile et silex) des terrains crétaciques qui les ont surmontés et qui ont ensuite été éliminés) ; et parce que 2) il a été observé que deux nappes aquifères superficielles se présentent, l'une dans la couverture végétale et l'autre dans la tourbe sous-jacente.

Nous nous sommes intéressés au régime hydrique des Hautes-Fagnes et aux nappes aquifères des tourbières par suite du rôle important que l'eau joue dans l'écologie des associations végétales de cette région. Certains faits, mis en évidence au cours des études écologiques réalisées dans les Hautes-Fagnes révèlent que, en retour, les associations végétales et la tourbe interviennent directement dans le régime des eaux. C'est pour

---

(*) Extrait de la Technique de l'eau, Décembre 53, Janvier, Février 54.

Communication faite au Symposium d'Hydrologie, le 28 avril 1952, organisé par l'Association « Les Amis du Musée des Hautes-Fagnes, Léon Fredericq ».

Texte rédigé en l'honneur du Prof. J. BRAUN-BLANQUET, Directeur de la Station internationale géobotanique méditerranéenne et alpine à Montpellier, à l'occasion de la publication d'un volume jubilaire.

cette raison que nous nous permettons de verser dans un débat qui n'est pas de notre compétence directe, quelques documents intéressants.

Nous avons dit plus haut qu'il s'agit dans les Hautes-Fagnes de tourbières bombées, résultant de l'existence et des activités de la strate muscinale et sous-arbustive formée par les associations Ericeto-Sphagnetalia. Cette végétation constitue un tapis humide, oligotrophe et acide. Elle est turfigène; elle entretient les conditions favorables non seulement à la formation des tourbières; mais aussi au maintien de la structure colloïdale de la tourbe, à sa conservation en milieu antiseptique, à la constitution de réserves d'eau importantes comme aussi à leur circulation ralentie et à leur filtration sur les pentes.

Les tourbières bombées des Hautes-Fagnes sont particulièrement sensibles à toute modification du milieu écologique auquel elles sont liées étroitement. Elles datent des époques post-glaciaires et ont pris naissance il y a environ 7000 ans.

Il est intéressant de rechercher à quel type de végétation elles ont succédé sur les 80 % de la région - - région où, aujourd'hui, les tourbières se retrouvent, par place, sous les plantations d'Epiceas actuelles.

Zones forestières et tourbières

Les tourbières ont pris place dans des forêts de chênes mélangés à diverses autres espèces d'arbres. Ces forêts ont existé en Europe occidentale pendant les périodes boréale et atlantique et on retrouve sur le fond des tourbières des souches de chênes enracinées dans l'argile de base ainsi que des troncs couchés. (R. BOUILLENNE, 1937-1938). Bien que les conditions qui ont provoqué le passage du faciès forestier ancien à celui des associations ouvertes à Sphagnum, génératrices de tourbe, ne soient pas encore élucidées, on peut penser qu'elles correspondent en ordre principal à un changement de climat, mais on doit admettre aussi que certaines causes particulières ont joué.

En effet, il n'y a eu formation de tourbières que localement, sur subtratum géologique imperméable ou podzolisé, là où les facteurs sont devenus favorables au développement des mousses Sphagnum.

Ailleurs, sur sol perméable, là où, aujourd'hui, existent les « Setchchamps » et les replats limoneux, la forêt a persisté jusqu'au Moyen-Age; elle a continué à couvrir 20 % du territoire.

Pourquoi la forêt boréo-atlantique a-t-elle disparu, enlisée dans la tourbière naissante. Peut-être, le limon qui existe encore sur les Setchchamps et les replats était-il aux époques préhistoriques répandu partout et a-t-il été éliminé ou s'est-il altéré sur les pentes, à l'emplacement des tourbières actuelles?

Il est fort possible que l'homme préhistorique soit responsable de l'envahissement d'une grande partie des forêts boréales et atlantiques par

le Sphagnetum. L'origine anthropique des Fagnes au cours du Moyen-Age telle qu'elle est affirmée par Ph. GERARD, 1951, est l'expression d'une double erreur : d'une part, erreur dans le temps puisque la disparition de la forêt de feuillus, fait de la préhistoire, est confondue avec ce qui se serait produit au Moyen-Age et, d'autre part, erreur phytosociologique puisque au Moyen-Age l'exploitation des zones de forêts encore existantes n'a pas déterminé l'apparition des tourbières qui sont plurimillénaires, mais bien de landes peu ou non tourbeuses. Il est

FIG. X. — Dans la vallée de la Helle, tourbière naturellement peuplée de bouleaux formant un Betuletum pubescentis

Photo R. Bouillenne.

possible que cet auteur ait donné abusivement au mot Fagne un sens restreint, limité aux landes pâturées comme celles de Jalhay : mais les Hautes-Fagnes impliquent l'ensemble du territoire dont les tourbières nues ou peuplées de bouleaux occupent la majorité de la surface. (Fig. X.)

D'une part, il est clair que les zones forestières de feuillus établies actuellement sur limon perméable sont la continuation des forêts de Chênes boréo-atlantiques : elles ont été, avec le temps, modifiées et même remplacées par les Hêtres apparus plus récemment ainsi que le montrent

les documents des diagrammes polliniques (R. BOUILLENNE, 1933; SCHWICKERATH, 1944; NOIRFALISE et GALOUX, 1950. — *Querceto sessiliflorae* et *Fagetum boreo-atlantique)*. (Fig. XI.)

D'autre part, leur dénudation ne donne pas naissance à une tourbière: un tapis de Sphagnum ne s'installe pas largement dans les zones à sol *perméable*. Ce fait d'observation écologique enlève toute valeur à l'affirmation qui prétend que les fortes éclaircies dans la forêt sur sol perméable peuvent encourager l'invasion des Sphaignes hygrophiles turfigènes. (M. BOUDRU, 1937; MOROZOV, cité par LILGEOIS et NYS, 1952).

FIG. XI. — Les vieux hêtres du Roerbusch constituant un Fagetum boreo-atlantique.
Photo R. Bouillenne.

C'est l'apparition de groupements phytosociologiques de landes ou de pelouses que l'on observe dans ce cas : landes à Bruyère, Myrtiller, Genévrier, etc... ; pelouses à *Nardus stricta, Arnica montana, Polygonum Bistorta, Meum athamanticum,* etc... On sait que la pelouse à Meum est une dégradation du *Fagetum boreo-atlanticum.* Ces landes et pelouses sont, selon les endroits et certaines conditions écologiques, sèches ou humides et leurs compositions phytosociologiques varient de la pelouse à *Nardus stricta* et *Juncus squarrosus (Junceto-nardetum,* BUCKER, 1942) au faciès à *Trichophorum germanicum.* (Fig. XII.)

FIG. XII. — Tourbière sur un des versants du Schwartzbach. En lisière de la plantation d'épicéas pelouse à Meum athamanticum.

Photo P. Deuse.

Landes, pelouses sèches, pelouses humides et même forêts ont été utilisées au Moyen-Age comme pâturages collectifs sous la conduite de bergers communaux. Les tourbières bombées, considérées comme dangereuses pour le bétail, étaient évitées avec soin. Certaines zones (à *Narthecium,* par exemple) avaient la réputation de briser les pattes des bêtes qui s'y égaraient. Aujourd'hui la pâture est abandonnée, mais on continue à faire du foin dans certains endroits propices.

Dans le cas où toute intervention humaine viendrait à cesser, les

landes et pelouses évolueraient ou bien, si elles sont sèches, vers les associations à « Calluna » et une reconstitution de la forêt, ou bien, si elles sont humides, vers certains groupements à « Sphagnum », de telle sorte que, dans ce cas seulement, et dans le voisinage immédiat des tourbières, le déboisement peut permettre une extension de la tourbière bombée existante, par l'intermédiaire de la lande humide. Ainsi donc, l'influence du déboisement sur l'extension des tourbières est occasionnelle, locale et indirecte.

Il ne faut pas confondre les forêts de feuillus sur Setch-champs et les formations de bouleaux sur tourbe, où le Sphagnum peut devenir envahissant; car les forêts de bouleaux qui existent aujourd'hui sur certaines tourbières, tout comme celles d'autrefois dont on retrouve les vestiges dans la tourbe en horizon bien marqué de bois fossile, constituent une association naturelle *Betuletum pubescentis* et font partie de l'évolution normale des tourbières. Elles peuvent être envahies par le Sphagnetum lorsqu'elles en sont arrivées à un certain stade du jeu des alternances d'associations (R. BOUILLENNE, 1926, 1938). Ce n'est pas le

FIG. XIII. — L. Fredericq (à dr.) et l'abbé Bastin, à l'arrière-plan, examinant les fouilles de la Via Mansuerisca en 1933. Cette route romaine est construite sur la tourbe des fagnes des Wez et est recouverte selon les endroits par une épaisseur de 0,50 à 1 m. de tourbe plus récente.

Photo Fagnoul.

cas pour les forêts de chênes et de hêtres. Il y a forêts et forêts; il convient biologiquement de faire la distinction et il n'est pas exact de considérer que dans une forêt de chênes ou de hêtres la moindre poche humide évolue en Sphagnetum et peut devenir le point de départ d'une tourbière.

On constate que certains auteurs confondent landes et tourbières (Ph. GERARD, 1951; LIEGEOIS et NYS, 1952). Ils attribuent aux forêts de chênes et de hêtres, qui régressent vers les associations des landes et où une vaste invasion de Sphagnum est impossible, une évolution vers la tourbière, évolution qui concerne seulement des forêts de bouleaux sur tourbe ou bien des pelouses humides à *Trichophorum germanicum* ou encore des bois d'Epicéas installés erronément sur tourbière. Ne pas distinguer entre les transformations phytosociologiques des forêts de feuillus en landes, des forêts de bouleaux et des bois d'Epiceas mal plantés en tourbières, paraît nécessaire à un procès de tendance destiné à faire

FIG. XIV. — Carte du plateau des Hautes-Fagnes où, en hachures verticales, sont indiquées les places qui ont brûlé en 1911 et dans lesquelles une partie de la tourbe a été remplacée par les cendres résultant de la combustion de cette tourbe. Ces places sont depuis lors recouvertes par l'association Polytricheto-Salicetum.
décrite par R. et M. BOUILLENNE.

admettre que « la Fagne refoule la forêt... ». Soyons sans crainte sur le sort des Fagnes et « Les Fagnes résultent de l'action de l'homme au Moyen-Age ».

Nous affirmons que ces slogans sont faux. Le dernier, par exemple, nous obligerait d'admettre que des tourbières de 4 m. d'épaisseur ont été faites depuis le Moyen-Age à l'encontre des preuves apportées par les diagrammes polliniques; et de prétendre que la voie romaine « Via mansuerisca » établie *sur une tourbière* et incluse dans la tourbe à 1 m. sous la surface dans son passage à travers les Fagnes des Wez, n'est pas une voie romaine abandonnée par le trafic depuis longtemps, dont le souvenir même s'était perdu et qui fut retrouvé en 1768 (J. BASTIN, 1934). (Fig. XIII.)

Une dernière considération doit également être signalée; elle concerne le point de vue inverse de ce qui vient d'être dit. Il ne suffit pas d'enlever la tourbe pour que la forêt se constitue ainsi que d'aucuns le prétendent. C'est le Sphagnetum que l'on voit apparaître dans ces conditions (M. FOUARGE, 1936). Mais, lorsque des incendies graves (1911, 1921, 1947)) ont entamé, sous la végétation brûlée, la tourbe elle-même et ont recouvert le sol de cendres, les associations qui apparaissent ne sont jamais du type Sphagnetum. On trouve alors un *Polytricheto-Salicetum* qui évolue vers un faciès forestier à bouleaux, peupliers-

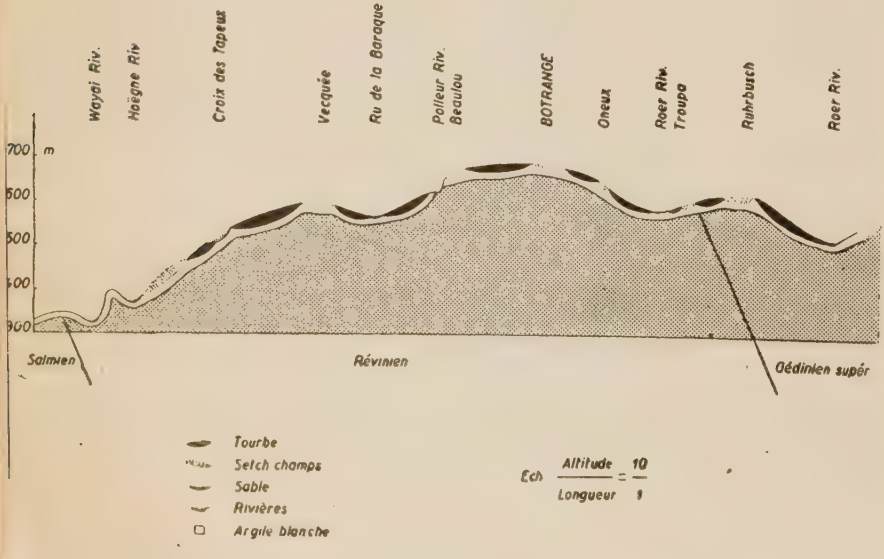


FIG. XV. — Coupe à travers le plateau de la Baraque-Michel allant de la Hoëgne à la Roer et passant par Botrange (dressée par le Prof. MELON et appartenant au Musée Léon Fredericq).

trembles, sorbiers, aulnes, etc... (R. BOUILLENNE et M. BOUILLENNE-WALRAND, 1926), qui est peut-être la voie ouverte vers une recolonisation forestière spontanée qu'il serait souhaitable de pouvoir suivre sans interruption dans les années à venir. (Fig. XIV.)

En bref, l'on voit que 80 % du territoire sont des tourbières naturelles datant de quelque 7.000 ans et que le reste soit 20 % seulement étaient couverts de forêts qui ont été entamées au cours du Moyen-Age et sont devenues des landes ou des pelouses, sans perdre pour cela leur vocation forestière, puis qu'aussi bien c'est là que les résineux ont été installés avec succès (*).

C'est, en effet, à partir de la terre limoneuse des Setch-champs et des replats, dans les landes et pelouses, que la plantation des résineux a commencé dans la deuxième moitié du siècle dernier et qu'elle déborde aujourd'hui sur les biotopes des tourbières.

Facteurs climatiques et tourbières

Les tourbières, comme partout où elles se présentent (plaines ou montagnes), entraînent quelques modifications du micro-climat : les fortes évaporations des strates muscinales (TINBERGEN, 1940) et la faible conductivité spécifique des tourbes sous-jacentes aboutissent à une certaine allure du climat local, caractérisé, au-dessus des grandes étendues à *Sphagnum*, par une température moyenne relativement basse, par des minima nocturnes très poussés, par des extrêmes de températures marqués. Ces conditions entraînent une forte condensation de l'humidité atmosphérique, pluies et brouillards. Ces derniers sont captés par les brins innombrables de Sphagnum et constituent un appoint d'eau qui devrait pouvoir être ajouté aux mesures pluviométriques.

En ce qui concerne les Hautes-Fagnes, l'hypothèse a été émise (R. BOUILLENNE, 1934) que ces conditions micro-climatiques pourraient localement, en superposition avec le fait que la région est touchée comme premier obstacle par les vents dominants humides, expliquer l'anomalie d'un climat d'hiver plus dur que celui auquel on devrait s'attendre et qui correspond, selon PONCELET (1938) à celui d'une montagne, non de 700 m., mais de 900 m. Certains attribuent ce refroidissement anormal aux zones à « terrains cambriens » et trouvent inutile de faire intervenir les Fagnes (BOUDRU, 1938). Pourtant, le « terrain cambrien » ne se présente pas en sol nu; il est généralement recouvert de végétation et, sur de larges zones, par des tourbes à faible chaleur spécifique, de telle sorte que la végétation, le substrat tourbeux ou la

(*) Les bois d'Epicéas plantés sur tourbières doivent ici être considérés comme tourbières et non comme forêts.

neige, en contact avec l'atmosphère, peuvent être plus judicieusement considérés comme responsables de cette anomalie que la nature du sous-sol géologique qui est caché sous une épaisseur souvent considérable.

Quant à la question de savoir si les Fagnes sont le résultat du climat et sont liées par endroits à une certaine altitude, en dessous de laquelle il n'y aurait pas de tourbières, il y a lieu de n'y attacher qu'une importance relative, car :

1) A une même altitude et dans des conditions climatiques comparables (1.400 mm. d'eau) des zones très voisines, selon leur substratum, portent ou n'ont jamais porté de tourbe.

2) En Belgique, il y a des tourbières bombées en dessous de 500 m. (tourbière de Postel, en Campine près de Moll, 700 mm. d'eau, décrite par VAN DEN BERGHEN, 1948) et dans les pays voisins, il s'en trouve dans les plaines proches du niveau de la mer.

3) Les conditions climatiques correspondant à l'existence de tourbières sont fort diverses puisqu'il y en a sous climats de type méditerranéen et même équatorial.

En vérité, l'existence des tourbières acides bombées n'est pas sous la dépendance exclusive d'un climat précis. D'autres facteurs comme la nature du sol, son imperméabilité, la stagnation relative de l'eau, l'oligotrophie du milieu, le niveau des nappes et la fluctuation de celles-ci, jouent un rôle au même titre que les conditions climatiques nécessaires à l'entretien d'une humidité suffisante.

C'est ainsi que, dans les Hautes-Fagnes, à côté des facteurs pluviosité et température basse, le principal élément de la localisation des tourbières est l'imperméabilité du sol, due aux caractéristiques des terrains géologiques quartzo-schisto-phylladeux-cambriens et éodévoniens. Cette imperméabilité correspond généralement aux affleurements de l'argile révinienne, compacte et stérile (80 % environ du territoire se trouvent dans ces conditions, voir Fig. XV, coupe du Haut-Plateau). Tandis que là où se présente un sol perméable à limon brun, aéré et relativement fertile, sur des crêtes (« Setch-Champs » primaires ou secondaires) ou sur des replats, il n'y a pas de tourbières; bien plus, il n'y en a jamais eu. Ces parties, nous l'avons dit, couvrent environ 20 % du territoire et portent normalement aujourd'hui ou ont porté jadis une forêt de feuillus, chênes ou plus récemment de hêtres.

Dans la zone limoneuse des Setch-Champs et des replats se constitue une nappe aquifère assez importante dont le trop plein s'élimine lentement par des sources qui sont généralement localisées à l'amont des tourbières et qui se présentent parallèlement aux courbes de niveau. Elles sont encombrées d'une association végétale typique qui permet de reconnaître leur suintement (dominance de *Narthecium ossifragum*, *Viola palustris* et certaines espèces de Sphagnum : R. BOUILLENNE, 1934, 1935). (Fig. XVI.)

La présence de *Narthecium ossifragum* dans les endroits où l'eau circule activement a été également signalée en 1948 par VAN DEN BERGHEN, dans son analyse phytosociologique de la tourbière de Postel en Campine.

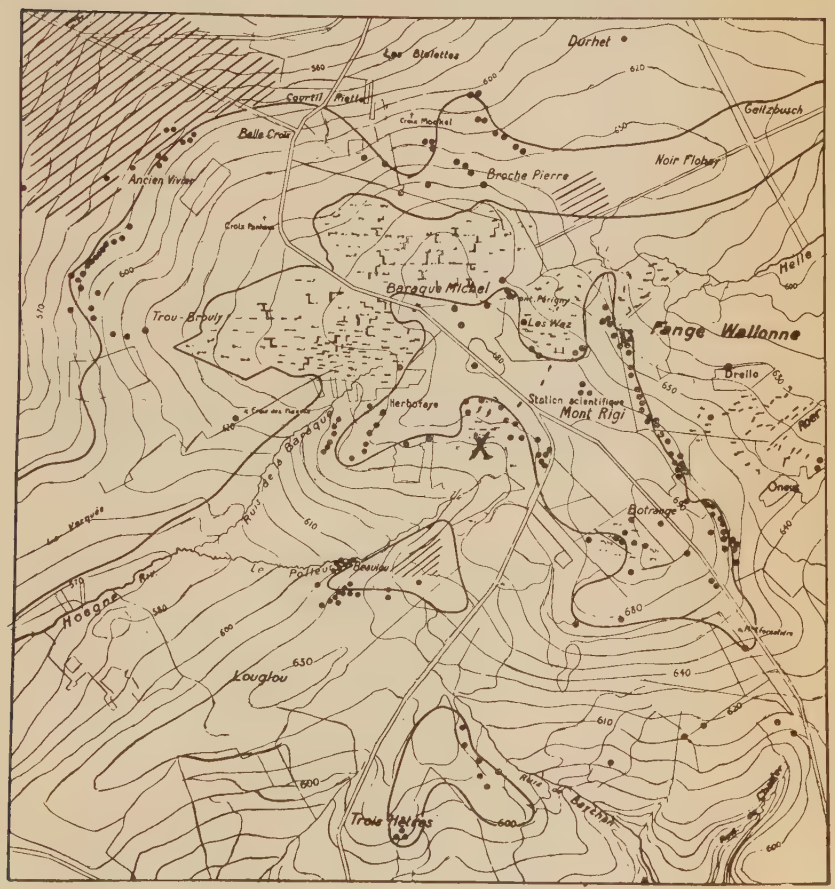


FIG. XVI. — Localisation des sources dans la région Baraque Michel Botrange. Les sources se trouvent en amont des tourbières. Elles sont représentées par un point noir. Les tourbières, par des traits.

Les tourbières des Hautes-Fagnes offrent donc la particularité d'être alimentées par des eaux de sources complémentairement à ce qu'elles reçoivent par la pluie. Ce fait explique que le fond des tourbières reste humide malgré les plus grandes sécheresses et que le tarissement des sources, provoqué par la présence de drains sur les Setch-Champs, peut déterminer à distance des dégradations de la tourbe. (Fig. XVII.)

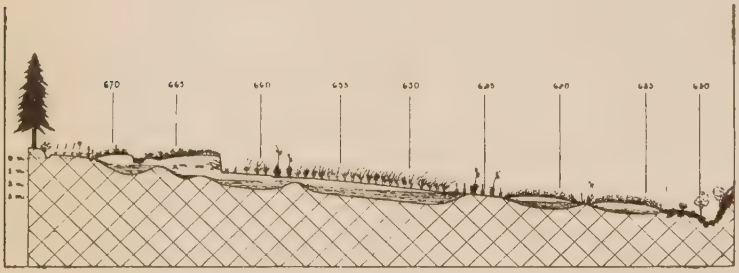


FIG. XVII. — Coupe à travers les tourbières du Mont-Rigi, reconstituée d'après de nombreux sondages. De g. à dr., le bois d'épicéas sur limon du Setch-Champ ; la pelouse à Nardus ; les dépressions marquées sur la pente vers le Polleur R. remplies par la tourbière, exploitée déjà en grande partie. Une source existe à l'amont de la tourbière.

CHAPITRE III

La Nature des déséquilibres biologiques et hydriques dans les tourbières des Hautes Fagnes.

Devant l'évolution régressive des tourbières, les uns se réjouissent, considérant la tourbière comme une ennemie de l'exploitation légitime de ce territoire. Ils pensent que l'état de la nature peut être modifié partout sans limitation, encore que, parmi eux, il en existe qui sont sensibles à certains aspects exceptionnels du paysage et laisseraient quelques centaines d'hectares pour l'amusement des naturalistes, des écoles et des touristes. Cependant, les autres s'inquiètent parce qu'ils perçoivent des ruptures d'équilibres se réalisant sur une vaste échelle; ils songent à ce qui se passe en d'autres pays lorsque certaines entreprises humaines ont eu des conséquences dont on s'est aperçu trop tard.

Quels que soient les points de vue, deux questions se posent :

I) Quelles sont les causes des ruptures d'équilibres qui s'observent entre les associations typiques du Sphagnetum couvrant la surface des tourbières de la Baraque-Michel et la tourbe sous-jacente?

II) Quelles sont les conséquences de ces ruptures au point de vue des nappes aquifères superficielles liées l'une au tapis végétal, l'autre au complexe colloïdal de la tourbe?

I. — La cause des ruptures d'équilibres entre Sphagnum et tourbe réside de toute évidence dans la campagne générale d'assainissement des tourbières et dans le système de drainage qui a été mis au point en vue de la plantation d'épicéas. Ces ruptures s'observent depuis un peu plus de cinquante ans et s'amplifient parallèlement avec l'extension de la politique de boisement du Département des Eaux et Forêts et des Administrations communales. Cette implantation forestière artificielle a été inaugurée sous le régime et en territoire allemands.

Il ne semble pas qu'un changement de climat récent ait pu déterminer de telles modifications. L'on a signalé une diminution de la pluvio-

sité sur le haut plateau depuis les observations de POLIS (1902), mais le manque de standardisation dans la prise des documents restreint la portée de cette constatation. Les phytosociologues, se basant sur la régression de *Sphagnum imbricatum* (Sphagnum hygrophile) qui constitue d'importantes assises dans les dépôts des tourbières, considèrent qu'il y a lieu de penser à une variation climatique dans le sens d'un assèchement atmosphérique. L'arrêt de la croissance de *Sphagnum imbricatum* dans les tourbières paraît s'être produit simultanément sur toute l'Europe occidentale et, d'après JONAS, 1935, il y a trois siècles. Mais, VAN DEN BERGHEN, 1951, met l'accent sur la présence de *Narthecium ossifragum* à la surface de certaines tourbières (Fagne wallonne). Cette plante atlantique, liée à une forte pluviosité, est une indicatrice d'un climat humide non défaillant. Le *Narthecietum* caractérise, en effet, les endroits où l'eau est en « circulation », qu'il s'agisse des eaux de source ou des eaux de pluie.

Malheureusement, dans l'ensemble, les informations dont on dispose à ce sujet sont encore insuffisantes.

II. — Les conséquences du drainage se présentent à deux niveaux :

Lorsqu'un réseau de drains passe à travers le Sphagnetum, il détermine une série de réactions écologiques qui aboutissent 1) à la disparition totale des Sphagnetalia (elle est plus rapide dans l'ombre grandissante d'une jeune pessière et sous les dépôts de feuilles des résineux que sous l'envahissement étouffant d'une *Molinietosum* (*), là où aucune plantation n'a suivi l'assainissement) ; 2) à l'arrêt de la formation de la tourbe; de plus l'ancien dépôt n'est pas protégé par sa couverture naturelle; il s'affaisse, subit une forte érosion, et comme nous l'avons vu, modifie progressivement sa structure.

Au point de vue du régime hydrique, la présence des drains dans le *Sphagnetum* provoque la vidange de la nappe aquifère qui se trouve dans les coussins comme aussi dans les « Schlencken » décrits dans certains types de tourbières intactes. En outre, cette véritable nappe aquifère supercielle ne peut plus se reconstituer par suite des altérations phytosociologiques qui sont déclenchées (voir Fig. 1).

L'importance de la quantité d'eau que cette couverture végétale comporte a été évaluée expérimentalement : 1 m² de surface de Sphagnetum ayant 0,20 d'épaisseur (10 cm. de Sphagnum vivants, 10 cm. de Sphagnum morts), découpé dans le marécage, pèse 77 kilos pour un poids sec de 5 kilos. Cette surface contient donc 72 kilos d'eau. Placée sur un treillis au-dessus du sol, elle s'égoute rapidement tout en subissant

(*) *Molinietosum* désigne les peuplements presque purs d'une graminée *Molinia coerulea,* qui se substitue aux associations « Sphagnetalia » typiques et turfigènes formant le tapis végétal des tourbières, lorsque celles-ci sont altérées par des fossés de drainage.

une évaporation intense. Après quelques jours, par temps sec, elle ne pèse plus que 20 kilos. Elle a donc libéré environ 50 kilos d'eau qu'elle reprend dès qu'il pleut. Si, par exemple, la Fagne wallonne était encore constituée d'un Sphagnetum homogène sur la plus grande partie de son étendue, elle tiendrait dans le 0,20 cm. de sa couverture végétale, un volume d'eau d'environ 400.000 tonnes, équivalent à un canal de 4 m. de large, 2 m. de profondeur et 50 km. de long. Dans tous les cas, on peut affirmer que la couverture végétale d'un Sphagnetum retient, après la pluie, environ 500 tonnes d'eau par hectare tandis que le sol forestier des forêts d'épiceas et de hêtres tient respectivement 55 et 114 tonnes d'eau par hectare (d'après HENRY, cité dans BOUDRU, 1937).

Le drainage élimine cette quantité d'eau considérable immédiatement après la pluie, car il abaisse le niveau hydrostatique et les fossés, sur les bords desquels les mousses pendent, font mèches, finissant par déshydrater la couverture végétale sur une grande distance. De plus, à la longue, comme cette constante déshydratation du tapis est préjudiciable à l'entretien du Sphagnetum, la nappe aquifère disparaît à mesure que le *Molinietosum* devient dominant ou que les plantations d'épiceas sont installées.

Il en résulte que l'eau météorique est chaque fois évacuée vers les rivières en quelques heures, qu'elle arrive aux lacs de barrage sans délai et qu'elle passe par-dessus les déversoirs aux époques des pluies hivernales et de la fonte des neiges (*). Il serait plus intéressant qu'elle y mette le temps et s'y présente pendant les périodes estivales.

On doit ainsi déplorer la perte d'une eau régularisée automatiquement dans ses qualités et son débit par une végétation épaisse et hydrophile surmontant une tourbe colloïdale absorbante.

Lorsque les drains sont creusés dans la tourbe, ils s'approfondissent surtout là où ils sont orientés suivant la plus grande pente, comme c'est le cas le plus fréquent; ils entament les argiles de base et recoupent ainsi en fin de compte toute la nappe aquifère qui existe dans l'épaisseur des tourbières. Cette nappe aquifère se vide tout comme celle qui est incorporée dans le tapis végétal superficiel. Nous l'avons évaluée (R. BOUILLENNE, 1938) pour différentes tourbières et profondeurs. Elle représente entre 4.000 à 5.000 gr. d'eau mobile pour 100 gr. de poids sec de tourbe.

La tourbe, mise à nu par temps sec, se déshydrate au delà du seuil qui maintient la structure d'hydrogel des colloïdes : il y a dénaturation de la masse qui perd son pouvoir de liaison avec l'eau. Elle ne se réimbibe plus normalement. Elle devient dans ces conditions irréversiblement poussiéreuse ou cassante. Entraînée par le ruissellement sous forme de parti-

(*) A moins qu'en prévision de ces apports massifs, l'on ait préalablement vidangé une partie des réserves d'eau. Il en est d'ailleurs de même en été où l'on observe un afflux d'eau considérable dû à de forts orages. Et en 1954, sans qu'il y ait eu d'orage, la presse quotidienne (*Meuse* du 20 juillet)), annonça que les pluies des jours précédents avaient provoqué de grosses rentrées d'eau, en *24 heures*, au barrage de la Gileppe, 1 million de m^3, et au barrage d'Eupen 2 millions de m^3.

cules de matière organique et de produits divers, elle s'ajoute à l'argile du sous-sol arrachée au fond des fossés; elle transforme les qualités des eaux de rivières.

Au départ, les drains n'ont pas plus de 0,50 de profondeur, mais rapidement ils forment des cañons de 1 à 3 m. A cause des brusques afflux d'eau qui se produisent, les ruisseaux et les rivières subissent des modifications de leurs rives dans des proportions jamais observées auparavant. Leur débit devient nettement irrégulier. L'on a pu dire qu'en 50 ans de drainage, sur le plateau des Hautes-Fagnes, on a provoqué une érosion équivalente à celle qui aurait pu se produire naturellement dans une telle région pendant 40.000 ans.

La création des drains dans la tourbe compromet le maintien des dépôts de tourbe, les livre à l'érosion, détruit leur structure; elle détermine l'irrégularité de l'évacuation de l'eau météorique, l'arrachement et la mise en circulation de matières organiques noirâtres que l'on voit aujourd'hui dans les rivières devenues sales et poisseuses (Hoëgne, Vennebach, Bayehon, Roer, Helle — un nom comme celui de « Helle » ne peut pourtant pas avoir été un vain mot!). Elle peut changer également l'image analytique des eaux superficielles qui descendent des Hauts-Plateaux (Georges VAN BENEDEN, 1947). Elle détruit enfin la nappe aquifère de la tourbe.

Ainsi, l'on comprend que les cours d'eau des Fagnes, qui de mémoire d'homme n'avaient pas tari et gardaient un débit appréciable pendant les périodes de sécheresse, sont devenus très irréguliers depuis la généralisation de l'assainissement.

Réponse à deux objections

D'aucuns contestent l'action destructrice des drains dans la tourbe; ils affirment 1) que les fossés ne sont pas fonctionnels longtemps et 2) que la nappe aquifère de la tourbe est inexistante.

Nous n'hésiterons pas à rencontrer ces deux objections :

1) Les fossés se comblent et les effets des assainissements cessent rapidement (SPORCK, cité par LIEGEOIS et NYS, 1952)).

Nous pensons que des observations exactes, mais partielles, peuvent conduire à des conclusions erronées. Dans le cas présent, on confond ce que l'on voit sur les terrains non tourbeux où les drains sont établis à travers des végétations de landes, de pelouses ou de pessières, avec ce qui se passe le long d'un fossé tracé dans la tourbe et l'on généralise à l'ensemble des tourbières les chiffres du coefficient d'écoulement obtenus dans un bassin, celui de la Gileppe, qui ne comporte presque pas de tourbières.

En effet, la Gileppe naît d'un ensemble de sources qui sortent du Setch-Champ de la Croix-Mockel, situé à une altitude inférieure à celle des grandes tourbières du Trou-Brouly; les exutoires naturels de celles-ci s'écoulent vers d'autres bassins hydrographiques et n'interviennent guère directement dans le régime normal de cette rivière. Nous n'ignorons pas que l'apport considérable de l'eau de ces tourbières a été recherché au bénéfice du lac de la Gileppe : creusement de grands fossés sur le territoire de la commune de Jalhay, recoupement du fossé d'Eupen qui alimentait la Soor et emportait les eaux en Allemagne, d'où est sorti un procès international avant 1914. Nous ne pouvons pas retracer l'histoire des travaux qui se sont succédés sur le terrain en vue de déverser les eaux des tourbières de Durhet dans la Gileppe et de capter la Soor complètement par un tunnel récent. Nous retiendrons seulement que la Gileppe reçoit des eaux de tourbières secondairement, artificiellement et récemment, que les conséquences de l'altération des tourbières ne peuvent apparaître clairement dans l'évolution du régime observé au barrage.

On ne peut donc conclure, en se basant sur le fait que la Gileppe a repris un régime parallèle à celui qu'elle manifestait avant les drains creusés dans les terrains non tourbeux de ses versants « que les fossés en Fagnes ne fonctionnent pas longtemps ».

Car si l'on examine ce qui se passe dans les fossés taillés réellement dans les tourbières, on constate qu'ils ne se comblent pas et, bien que parfois la végétation les masque, il restent fonctionnels et s'érodent profondément.

D'ailleurs, les services responsables les font nettoyer comme si le programme consistait à enlever l'eau des tourbières de la Baraque-Michel le plus rapidement possible. Des rivières comme la Helle, naissant sur le Haut-Plateau dans la région des tourbières subissent directement et visiblement les contre-coups du drainage sur tourbe, que nous avons signalés.

2) L'existence d'une nappe aquifère dans la tourbe est contestée, la tourbe étant déclarée imperméable.

Cette affirmation est contraire au comportement de tout colloïde saturé; de plus, elle ne tient pas compte du fait que la masse tourbeuse n'est pas homogène et que l'eau passe dans un dédale infini de canaux de toutes dimensions résultant de la texture hétérogène du matériel végétal qui la constitue. Alimentée par les strates muscinales supérieures et par les sources dont il a été parlé p. 30 et 31, une nappe aquifère considérable se constitue dès la saturation des colloïdes tourbeux. Si la quantité d'eau tenue dans la tourbe par imbibition n'est pas mobile, celle qui dépasse le degré de saturation l'est incontestablement et peut s'évaluer à l'échelle de la surface des tourbières bombées et de leur épaisseur (4 m. en moyenne). Nous avons vu que l'eau de saturation, pour 100 gr. de poids sec de tourbe est en moyenne de 1.000 gr. et que l'eau mobile peut atteindre 4.000 à 5.000 gr. Une récente publication détermine avec

précision le temps de percolation de l'eau mobile à travers divers échantillons de tourbe (DEUSE et RAMAUT, 1953).

En vérité, qu'on le veuille ou non, la tourbe contient une remarquable nappe aquifère, constante dans la nature de son eau filtrée, à pH 4,6 environ, considérable dans sa réserve et régulière dans son évacuation. Cette nappe garde automatiquement ses qualités dans la mesure où fonctionne un Sphagnetum pourvoyeur d'eau acide et turfigène, où enfin les sources des Setch-Champs ne tarissent pas.

CHAPITRE IV.

Discussion.

Les divers points que nous avons développés nous amènent à la constatation que la circulation de l'eau est lente sur les pentes couvertes par les associations végétales des « Sphagnetalia » typiques des tourbières bombées acides et à travers l'épaisseur des tourbes. Il est remarquable d'observer que, en dehors des cas d'orages violents et de fonte brusque de neige, l'apport pluviométrique normal est parfaitement régularisé : quand il y a excès d'eau et refus par la tourbe, le Sphagnetum freine l'écoulement superficiel; quand il y a sécheresse, la tourbe freine, dans la profondeur de sa masse, l'évacuation de l'eau des pluies précédentes. Dans ce cas, des observations faites en 1933, 1934, 1947 (années très sèches) ont montré que le suintement au bas des tourbières a persisté malgré de longs mois sans pluie. Il en est de même d'ailleurs chaque année après les périodes sèches, alors que parallèlement, à la base des tourbières ouvertes et dégradées, les drains sont tous à sec.

Ceci est confirmé par les chiffres très intéressants apportés pour le bassin de l'Aisne supérieure par Charles GUILLAUME, ingénieur-géologue (1952) : il révèle que le débit de cette rivière apparaît indépendant des précipitations instantanées, que les mois mai-juin, qui sont des mois à période chaude, sont inclus dans la série des mois à fort débit: l'auteur démontre ainsi l'influence de l'éponge de rétention que constituent les tourbières d'amont.

***

Comme le drainage a pour but de détruire cette éponge remarquable en vue de la plantation de bois d'Epicéa, nous poserons la question de savoir si l'on peut, sans inconvénient, dans les Hautes-Fagnes, détruire les tourbières pour y substituer des plantations artificielles? En d'autres termes, le remplacement des deux nappes aquifères d'une tourbière par une nappe aquifère de bois d'Epicéas se justifie-t-il au double point de vue de l'hydrologue et de l'économiste?

Certaines personnes intéressées au boisement des Hautes-Fagnes considèrent que les bois d'Epicéas favorisent l'alimentation en eaux des barrages d'une manière plus adéquate que ne le feraient les tourbières bombées; elles utilisent cet argument pour étayer la position prise en

faveur de l'assainissement des tourbières et elles invoquent trois séries de faits :

1) Des mesures de déficit de saturation indiquent en Suisse (*) qu'une tourbière plate non assainie absorbe 6 mm. d'eau, 48 heures après la pluie et, que la même, boisée depuis 25 ans, absorbe beaucoup plus : 30 mm. Ces chiffres sont donnés pour démontrer qu'un sol forestier, offrant l'avantage d'une forte absorption d'eau, diminue d'autant la perte par ruissellement.

Cependant, pour que le sol d'une tourbière boisée absorbe 30 mm. d'eau, il a fallu qu'une quantité correspondante d'eau soit envoyée dans les drains ou dans l'atmosphère par la transpiration des arbres et cela avec une grande vitesse : en 48 heures. La tourbière plate non assainie n'absorbe que 6 mm. d'eau, mais ce chiffre donne précisément la mesure de la petite quantité perdue par la tourbière en 48 heures et il exprime le rôle heureux que cette tourbière joue comme retenteur d'eau et ralentisseur de l'évacuation. Cependant aussi, il n'est pas prouvé qu'une tourbière intacte qui n'absorbe que 6 mm. d'eau perde par ruissellement ce qu'elle avait reçu en plus. Au contraire, les strates muscinales freinent, nous l'avons montré, l'écoulement de l'eau superficielle; elles permettent aussi dans le feutrage des brins la montée du niveau de la nappe aquifère de quelques centimètres, sans provoquer, comme certains l'écrivent : « une perte énorme par ruissellement sur le substratum argileux ».

Cette dernière affirmation surprend, car tout le monde sait qu'il n'existe pas d'argile à la surface des tourbières non assainies (plates ou bombées). Si l'on insiste pour dire que l'eau coule sur l'argile du substratum, c'est qu'on fait intervenir le cas des tourbières érodées profondément par des drains. Dans ces conditions, on doit accepter que la perte énorme par ruissellement ne provient pas de la tourbière mais de l'action destructrice des drains, car il est, par ailleurs, impossible de prétendre qu'il existe un « ruissellement » rapide à travers la masse colloïdale d'une tourbière ou au niveau de l'argile de base au fond de celle-ci.

En bref, il y a quelque supercherie à faire passer pour défaut le faible déficit de saturation d'une tourbière intacte, faible déficit qui apporte la preuve d'un rôle d'éponge bienfaisante et, par surcroît, à

(*) Institut Fédéral de Recherches forestières de Suisse. Il a été publié, entre autres dans les Annales de cet Institut, 1937 : Physikalische Eigenschaften von Wald- und Freilansböden V. Entwässerung und Aufforstungen, par HANS BURGER, une relation des résultats d'une étude comparative des propriétés physiques et de l'acidité du sol de prairies mouilleuses (Streneweisen, prairies à litières) assainies ou non, de pâturages, de prés, bois et de vieux peuplements de la forêt spontanée croissant dans un terrain pas trop humide, etc... Nulle part, il n'est réellement question de tourbières; de plus le pH. est initialement proche de la neutralité et devient acide par l'assainissement.

attribuer à la tourbière une perte d'eau par ruissellement qu'elle ne présente pas, sauf dans les cas où elle a été détruite.

2) On prétend aussi que les qualités classiques dont bénéficient les territoires couverts de forêts (protection du sol, existence d'humus, régularisation des débits de rivières, etc...) plaident en faveur d'un boisement généralisé. Les Fagnes nues ne présenteraient pas de tels avantages ainsi qu'il ressort d'une comparaison faite aux Etats-Unis, entre forêt et sol nu ou dénudé par le déboisement dans de nombreux bassins fluviaux de l'Est et du Middle-West (*). Nous avons depuis longtemps fait le procès de la déforestation à outrance effectuée inconsidérément pendant ce siècle du papier et montré qu'en de nombreux endroits du globe le proverbe arabe est toujours vrai : « la forêt précède l'homme, le désert le suit ». Mais l'on reste songeur devant l'aberration qui consiste à assimiler les tourbières bombées, avec leur couverture végétale de Sphagnetum et leurs 3 à 4 mètres d'épaisseur moyenne de tourbe, aux sols nus dont il est question dans les comparaisons de l'auteur américain. On ne peut tout de même pas comparer les fagnes nues au sol des steppes du Middle-West sur lequel, en beaucoup d'endroits, il n'y a plus trace de végétation, sol qui est dangereusement dégradé et que les tempêtes de vent soulèvent en poussière! (R. BOUILLENNE, 1947).

Les fagnes nues ou plus exactement les tourbières nues ne représentent pas un sol nu. Et s'il est clair que tout doit être tenté pour boiser un sol nu, il n'en découle pas qu'il faut boiser une tourbière, d'autant moins que ce boisement entraîne la destruction inévitable d'équilibres naturels importants et que le rendement forestier obtenu est généralement faible (croissance médiocre des arbres, pourcentage important de déracinement, cassure des troncs, incendie, attaque par les insectes, etc.).

Pourtant, c'est en partie sur ce quiproquo que la campagne de boisement des fagnes est établie et que la destruction d'un système hydrique naturel et précieux, avec régulation à double volant (Sphagnetalia-tourbe) est entreprise en vue de le remplacer par le système à volant simple d'une forêt artificielle.

Les arguments généralement apportés ressortent de considérations théoriques qui paraissent péremptoires; mais à l'analyse dans les Hautes-Fagnes, on conviendra qu'il faut distinguer le cas de plantations sur tourbe de celui de plantations sur bonne terre et qu'il faut exclure de la comparaison le rôle favorable des plantations faites sur le sol limoneux,

(*) BOUDRU, loc. cit. p. 261; tableau du débit de 3 rivières américaines drainant l'une une région de forêt, la deuxième une région cultivée, la troisième une zone de terres nues :

Mois du débit :	Sols boisés	Sols cultivés	Sols nus
Avril, mai, juin (printemps)	61 %	73 %	89 %
Juillet, août, septembre (été)	25 %	16 %	6 %
Octobre, novembre	13 %	10 %	4 %

perméable, profond et fertile des Setch-Champs. Ceux-ci, de toujours, ont eu une vocation forestière; ils possèdent une nappe aquifère par eux-mêmes. Personne n'a jamais mis en doute l'intérêt du boisement de ces terrains. Ce dont on discute parfois, c'est de la nature des essences les plus appropriées. Mais dans tous les cas, on s'accorde sur le fait que la forêt qu'on installe sur ces terrains favorables, à la fois profite de cette nappe et la protège.

Tout autre est la situation d'une forêt introduite de novo sur des surfaces occupées ou ayant été occupées par une tourbière. C'est cependant à cette seule entreprise qu'il est logique de s'adresser pour établir les résultats de la comparaison entre plantations et tourbières, aussi bien au point de vue hydrologique qu'économique. *Il ne peut donc être question que d'une chose : A l'endroit d'une tourbière, le boisement vaut-il mieux que le maintien de la tourbière?*

Le boisement sur une tourbière épaisse, qui doit préalablement être drainée, s'est révélé franchement mauvais puisqu'il n'apporte pas de rendement acceptable et qu'il détruit les complexes régulateurs existants.

Comme nous l'avons dit brièvement plus haut, le boisement sur tourbe de 0,50 m. réussit en certains endroits particuliers; cependant la nappe aquifère dont on se félicite ne résulte pas de l'implantation; elle est réellement celle de la tourbe; mais sous les épicéas, celle-ci se dégrade; elle s'affaisse et la nappe préexistante est progressivement détruite. Ici, la plantation élimine le support d'une nappe aquifère de 0,50 m. d'épaisseur et le remplace par un autre, dégradé, de 0,20 m. d'humus.

Enfin, le boisement, éventuellement r é a l i s é aux endroits où la tourbe n'existe plus, sur l'argile compacte, stérile et imperméable qui forme partout le fond des cuvettes tourbeuses, ne présente pas de nappe aquifère appréciable, si ce n'est dans les 0,20 m. d'humus forestier qui se constitue à la longue : mauvais terrains, mauvaise croissance, nappe aquifère presque nulle.

Il est clair que dans ces trois types de situation, une pessière ne remplace pas une tourbière avec avantage ni au point de vue hydrique ni économique; les effets régulateurs de la forêt obtenus sur la bonne terre des Setch-Champs ne peuvent intervenir dans la comparaison. Le boisement en lieu et place d'une tourbière donne un résultat aléatoire et se paie au prix de la destruction des tourbes et de la rupture des équilibres hydriques très remarquables que la nature a mis tant de millénaires à établir, entre la végétation des Sphagnetalia et la tourbe.

Quand on considère les faits avec objectivité et que l'on pense à l'avenir de cette région, on se persuade que les tourbières vierges, nues ou sous forme de *Betuletum*, sont plus intéressantes que la forêt plantée sur tourbe ou sur argile ou introduite sur sol imperméable dégagé de sa couverture de tourbière.

3) Enfin, on ne peut passer sous silence que, d'après LIEGEOIS et NYS, les tourbières ne sont pas menacées : le drainage, la diminution

de leur surface par la plantation des bois d'Epicéas ne ralentiraient pas l'agressivité des tapis de Sphagnum qui « sont bien armés contre l'envahissement de Molinia ».

Le fait que Sphagnum peut se réinstaller dans un faciès à Molinia, à la faveur de conditions. dont M. FOUARGE (1936) a montré l'étroite localisation et les caractéristiques écologiques précises, est considéré par ces auteurs comme une preuve de la perpétuelle renaissance des tourbières. Malheureusement cette preuve est obtenue par des citations de phrases dont le sens a été insuffisamment précisé. Par exemple. LIEGEOIS et NYS citent (FOUARGE (1936, p. 95), les phrases suivantes :

« Les touffes de Molinia croissent continuellement en hauteur, laissant *entre elles* des creux *à fond de tourbe* où *nulle autre plante ne peut s'installer. Cependant là où une humidité suffisante est retenue (absence de drainage, par exemple)* Sphagnum s'implante et s'étend... », en omettant tout ce qui est en italique.

Il en est de même pour une deuxième phrase où Fouarge avait spécifié très exactement dans quelles conditions la croissance de Sphagnum peut s'étendre dans la partie sud de la Fagne des Wez. *là où il y a beaucoup d'eau par suite de l'écoulement d'une source abondante,* Sphagnum a partiellement comblé les inégalités de terrain et envahit un Molinetum rétrogradant.

Le caractère exceptionnel et précis des conditions dans lesquelles Sphagnum peut uniquement devenir envahissant a été éliminé de ces phrases. Mais ceux qui sont frappés par l'extension extraordinaire du *Molinietosum* à la place des *Sphagnetalia* ne se laissent pas abuser; ils constatent la régression des tourbières sur de très vastes étendues et aperçoivent les ruptures d'équilibres qui aboutissent à leur destruction.

Conclusions.

Les observations et travaux réalisés dans les Hautes-Fagnes par les chercheurs de la Station Scientifique de l'Université de Liège ont rassemblé un ensemble cohérent de faits qui confirment les résultats obtenus dans les études écologiques des tourbières bombées à Sphagnum hygrophiles des autres parties de l'Europe. Ils révèlent que les tourbières du Haut-Plateau couvraient originairement 80 % du territoire; qu'elles sont des tourbières de pente, alimentées en eau non seulement par la pluie, mais aussi par des sources, évacuant leurs eaux filtrées, à un pH. de 4,6 à 5, par des suintements continus et réguliers.

Ils démontrent également l'existence :

1) d'une nappe aquifère dans la strate muscinale, recouvrant les tourbières bombées intactes;

2) d'une deuxième nappe d'eau *mobile* dans la tourbe colloïdale dès que celle-ci atteint son degré de saturation;

3) de relations biologiques qui unissent étroitement végétation et tourbe. Une altération du SPHAGNETALIA aboutit au remplacement des strates muscinales caractéristiques par d'autres types phytosociologiques... ce qui entrave la formation de la tourbe. Une modification même légère dans la structure physicochimique des colloïdes tourbeux détermine l'arrêt de la croissance du Sphagnetalia... ce qui permet l'expansion de plantes non turfigènes. Ces relations sont détruites de nos jours par l'action du drainage systématiquement organisé en vue de la plantation de bois d'Epicéas;

4) de rapports directs entre les équilibres biologiques (strates muscinales, masses tourbeuses) et les mouvements de l'eau dans les deux nappes aquifères. Le ralentissement considérable du mouvement superficiel de l'eau météorique capitalisée dans les Sphagnetalia, est extrêmement net; de même, la pénétration progressive de cette eau en profondeur dans la masse colloïdale de tourbe qui la filtre et l'évacue après un long trajet souterrain ne peut être mise en doute. L'écoulement de l'eau sur le fond de la tourbière est entretenu par le fait que les couches profondes se trouvent presque toujours saturées en eau, même par temps très sec, par suite de l'apport des sources dont la localisation en amont des tourbières a été observée.

Ils entraînent comme conséquences :

5) qu'il est avantageux de chercher à maintenir les tourbières en vie plutôt que de les assainir, afin de pouvoir continuer à tirer profit de leurs rôles multiples au point de vue hydrobotanique : capitalisation de l'eau, ralentissement de l'écoulement, d'où régularisation des débits, absence d'érosion et de siltage; de plus, filtration de l'eau et comme conséquence, oligotrophie du milieu et constance du pH;

6) que l'installation de bois d'Epicéas sur tourbe donne des rendements insuffisants et que la nappe aquifère préexistante en est détruite;

7) que les arguments apportés en faveur du boisement des Hautes-Fagnes tourbeuses et tirés des résultats obtenus dans les plantations faites sur bonne terre perméable et fertile ne justifient pas le boisement des tourbières : car on ne peut être fixé dans la question de savoir s'il vaut mieux tourbières ou forêts qu'en comparant les comportements d'une tourbière et d'une forêt, sur les mêmes surfaces de sol imperméable.

UNIVERSITE DE LIEGE.

(Institut de Botanique
et Station Scientifique des Hautes-Fagnes.)

Liste bibliographique

1. — J. BASTIN : La via mansuerisca. — Antiquité classique; 1934, Liège.

2. — R. BOUILLENNE : La Station Scientifique de l'Université de Liège au Plateau de la Baraque-Michel. Edition de la Vie Wallonne. — Liège 1926.

3. — R. BOUILLENNE : Evolution récente de la végétation des Hautes-Fagnes. Bull. Soc. Roy. Bot. Belgique : *54*, 2 — 1926.

4. — R. BOUILLENNE : Les eaux des Tourbières du Plateau de la Baraque-Michel.
An. Soc. Géol. de Belgique : *54*, 5 — 1934.

5. — R. BOUILLENNE et M. BOUILLENNE : Contribution à la Phytogéographie des Hautes-Fagnes en Belgique.
Bull. Soc. Roy. Bot. Belgique, 1935.

6. — R. BOUILLENNE : Le futur Parc National des Hautes-Fagnes.
Bull. Assoc. « Amis de la Fagne » : *1*, — 1938.

7. — R. BOUILLENNE, M. BOUILLENNE-WARLAND, S. DEFOSSEZ et coll. : Les Viviers du Plateau de la Baraque-Michel.
Bull. de la Soc. Roy. des Sci. Liège — 1937.

8. — R. BOUILLENNE : Ne compromettons pas les équilibres naturels.
Imprimerie Ch. Vinche, Verviers — 1947.

9. — M. BOUDRU : La Réserve Naturelle dans les Hautes-Fagnes de Belgique — Bull. de la Soc. Centrale Forestière de Belgique — 1937.

10. — Hans BURGER : Physikalische Eigenschaften von Wald und Freilandböden 5 Mitteilung. Entwässerungen und Aufforstungen. — Annales de l'Institut Fédéral de recherches forestières 20 : 1; 1937.

11. — CRUCIFIX N. et A. CLOSSET : Imbibition avant et après dessiccation de la tourbe du plateau de la Baraque-Michel.
Bull. Soc. Roy. des Sci. de Liège — 1938.

12. — F. DARIMONT : Un groupement à « *Cirsium Palustre* » et « *Angelica silvestris* » sur le Plateau des Hautes-Fagnes.
63e session de l'A. F. A. S., Liège — 1939.

13. — L. DELARGE : Reflets d'une âme 1914-1940.
Ed. Vaillant-Carmanne, Liège, 1953.
(Edition posthume présentée par Delarge père).

14. — P. DEUSE : Sur les caractères écologiques de MOLINIA COERULEA Moech.
Lejeunia — 1949.

15. — P. DEUSE et J. RAMAUT : Contribution à l'étude de la perméabilité de la tourbe. Bull. Soc. Roy. Sc. Liège, n° 11 — 1953.

16. — P. DUVIGNEAUD : Classification phytosociologique des tourbières de l'Europe.
Bull. de la Soc. Roy. de Bot. de Belgique — 1939.

17. — FLORSCHUTZ F. et VAN OYE E. L. : Over de ouderdomsbepaling van de Vijvers op het plateau van het Belgisch Hoogveen.
Tijdschr. v. h. Kon. Nederl. Aardrijksk. Genootsch. 55, 454-461 — 1938.

18. — P. FOURMARIER : Les prétendus phénomènes glaciaires de la Baraque-Michel.
Bull. Ac. Roy. Sci. de Belgique — 1923.

19. — M. FOUARGE : La recolonisation des tourbières exploitées de la Baraque-Michel — Bull. Soc. Roy. des Sci. de Liège — 1936.

20. — L. FREDERICQ : La Faune et la Flore glaciaire du Plateau de la Baraque-Michel.
Bull. Ac. Roy. Sci. de Belgique — Déc. 1904.

21. — Ph. GERARD : Evolution forestière dans la Principauté de Stavelot et le Comté de Salm — Bull. Soc. Royale Forestière de Belgique : 58e année, 4, 1951.

22. — C. GUILLAUME : Le régime hydrique du cours supérieur de l'Aisne — Technique de l'eau : 69, 15 septembre 1952.

23. — F. JONAS : Die Vegetation der Hochmoore in Nordhümmbing — Fedde Repert. Beich : 78; 1-143; 1935.

24. — J. LEBRUN et coll. : Les Associations végétales de Belgique.
Communic. 8. du Centre de Recherches Ecologiques et Phytosociologiques de Gembloux — 1949.

25. — P. G. LIEGEOIS et L. NYS : Le régime hydrologique des Hautes-Fagnes — Annales de la Soc. Géol. de Belgique — 1934.

26. — P. G. LIEGEOIS et L. NYS : Le régime hydrique des Hautes-Fagnes — Technique de l'Eau n° 72 — 1952.

27. — J. LOUIS et J. LEBRUN : Premier aperçu sur les groupements végétaux en Belgique.
Bull. Inst. Agron. et Stat. Rech. Gembloux — 1942.

28. — P. POLIS : Contribution à la climatologie des Hautes-Fagnes et de l'Eifel — Ciel et terre : Vol. 22; 1901-1902.

29. — A. NOIRFALISE et GALOUX : Les étapes de végétation dans l'Ardenne Belge — Administ. Eaux et Forêts, Sta. Rech. Groenendael : 16 — 1950.

30. — PONCELET : Note sur le climat hivernal à la Baraque-Michel — Bull. Soc. Roy. des Sci. Liège : 7 A (6-7); 1938.

31. — J. RAMAUT : Quelques observations microbiologiques des tourbières acides du Trou-Brouly (Hauts-Plateaux de la Baraque-Michel — Bull. de la Soc. Roy. des Sci. Liège : 2; 1948.

32. — J. RAMAUT : Etude biochimique des tourbières acides de la Baraque-Michel — 1 et 2 — Lejeunia; 1948.

33. — M. SCHWICKERATH : Das Hohe Venn und seine Randgebiete.
Pflanzensoziologie, Band 6, Fischer, Jena, 1944.

34. — L. TINBERGEN : Observations sur l'évaporation de la végétation d'une tourbière dans les Hautes-Fagnes de Belgique — Mém. de la Soc. Roy. des Sci. Liège : IV (1); 1940.

35. — C. VANDEN BERGHEN : La Tourbière de Postel (Moll.) — Dodoneae, 15e année; 77-86; 1948.

36. — VANDEN BERGHEN : Landes tourbeuses et tourbières bombées à Sphaignes de Belgique.
Communic. 17 du Centre de Cartographie phytosociologique et Centre de Recherches Ecologiques et Phytosociologiques de Gembloux — 1951.

37. — VANDEN BERGHEN : Les Prairies à Molinia de Belgique.
Communic. 15 du Centre de Cartographie phytosociologique et Centre de Recherches Ecologiques et Phytosociologiques de Gembloux — 1951.

38. — Georges VAN BENEDEN : Recherches sur l'Origine et la genèse des eaux minérales de Spa et des Ardennes — Journal de Pharmacie de Belgique; 1947.

Imprimerie
UNIVERSAL COPY
Rue J. d'Outremeuse, 68
LIEGE

SEPTEMBRE 1934.

Extrait du *Bulletin de l'Académie royale de Belgique* (Classe des Sciences)
Séance du 5 août 1952

BIOLOGIE VÉGÉTALE

Influence des impuretés contenues dans les hormones de synthèse (qualité technique) sur la croissance d'organismes végétaux inférieurs,

par R. BOUILLENNE et M. BOUILLENNE-WALRAND.

Résumé. — Les auteurs ont mis en évidence et isolé un corps manifestant des activités mycocidales jusqu'à des dilutions de 1 pour 57.000 (20γ par c. c., environ). A la dilution de 1 pour 20.000, il inhibe totalement la croissance des 17 organismes expérimentés (Champignons et Levures) ; à 1 pour 45.000, il réagit sélectivement sur certaines espèces dont il arrête toute croissance.

Ce corps se trouve à l'état d'impureté dans les sels sodiques de l'acide 2-4-5 Trichlorophénoxyacétique, en qualité technique, de diverses origines.

L'action toxique de ce corps se manifeste aussi bien au pH 4.9, qu'au pH 6.9 et ne comporte aucune synergie ni antagonisme avec le 2-4-5 T. pur, auquel il est mélangé.

Des essais cliniques en cours étudient ses propriétés thérapeutiques. Il est proposé de le nommer Trichlorex.

L'utilisation de plus en plus considérable de certains composés de synthèse à activité auxinique, morphogénétique ou phytotoxique, a jeté sur le marché international des milliers de tonnes de produits dits « *herbicides sélectifs* » dont les deux principaux sont :

le 2-4 D (acide 2-4 dichlorophénoxyacétique) et ses dérivés sels, esters ou amines ;

le 2-4-5 T (brushkiller) : acide 2-4-5 trichlorophénoxyacétique.

Ces hormones de synthèse ont ouvert un nouveau chapitre dans l'histoire de l'agriculture.

Mais les produits livrés par l'industrie chimique ne sont pas des composés purs dont le prix de revient serait trop élevé. Ils sont dits « techniques » et comportent un certain pourcentage d'impuretés.

L'influence de ces impuretés sur le comportement phytotoxique des produits peut se classer en quatre catégories.

L'impureté peut être :

a) inactive. Elle n'intervient qu'à concurrence de sa masse, réduisant la quantité du produit actif lui-même de manière généralement négligeable.

b) antagoniste du composé employé. Elle peut avoir une activité anti-auxinique. La littérature abonde en données expérimentales sur les réactions antagonistes de certains mélanges de composés (1. 2).

c) synergique. Dans ce cas, elle renforce considérablement la puissance d'action du composé utilisé (3). Il ne s'agit pas d'une simple addition des actions de deux ou plusieurs corps actifs mais bien de l'augmentation plus ou moins considérable et réciproque de l'activité d'un corps en fonction de la présence d'un autre corps.

d) douée d'une activité propre et indépendante de la composition du corps qu'elle accompagne.

Elle peut même, dans certains cas, se montrer plus active sur certains organismes ou processus biologiques, que le corps qu'elle accompagne.

Nous nous proposons d'étudier une impureté très intéressante que nous avons mise en évidence au cours de nos travaux. Elle appartient au groupe des impuretés ayant une activité propre (groupe *d*).

Nous utiliserons principalement comme matériel d'expérimentation des Champignons pathogènes de l'homme ou des animaux.

* * *

Dans nos précédentes notes (4. 5. 6.), nous avons montré que des organismes inférieurs : Hyphomycètes, Schizomycètes et Bactériacées sont totalement ou partiellement inhibés dans leur croissance par l'addition au milieu de culture d'hormones de synthèse, douées d'activité sélective :

acide B indol-acétique et ses homologues supérieurs,

acide 2-4 dichlorophénoxyacétique, 2-4 D et ses isomères de position, 2-3 D. 2-5 D.

acide 2-4-5 trichlorophénoxyacétique et ses sels ou esters.

Les organismes étudiés par nous, jusqu'à présent, au point de vue de leur sensibilité aux herbicides sélectifs sont :

Agaricus Hortensis (Cooke) *Albida Lange.*
Fusarium vasinfectum Atk.
Trichophyton div. sp. : *Schoenleini, rubrum* et *crateriforme.*
Staphylococcus aureus.
Sarcina lutea (1)
Pseudomonas aeruginosa.

Certains de ces organismes sont des Champignons pathogènes des végétaux (*Fusarium*) ou des hommes et animaux (*Trichophyton, Staphilococcus, Pseudomonas*).

Les concentrations de 2-4 D et 2-4-5 T dans nos expériences (0,006 Mol) sont comparables aux concentrations de ces mêmes corps utilisées comme herbicides sélectifs 1 à 4 °/₀₀.

Nous avons, d'autre part, montré que les hormones de synthèse agissent sur les Champignons surtout aux pH acides 4. 4,5. 5,2.

En 1949, nous avions déjà fait remarquer que les 2-4 D et homologues, utilisés comme herbicides sélectifs, sont surtout actifs en milieu acide (7).

* * *

L'influence du pH du milieu contenant les produits toxiques est déterminante. L'activité fungicide (ou fungistatique) diminue progressivement à mesure qu'augmente le pH. Au pH 4,5 à 5, les concentrations 0,006 Mol. d'herbicides empêchent toute croissance. Au pH voisin de la neutralité, les mêmes concentrations des mêmes corps sont insuffisantes pour arrêter ou retarder la croissance de la plupart des Champignons cultivés par nous. (2).

(1) Les résultats obtenus précédemment sur *Sarcina lutea*, posent un problème qui pourrait devenir important : celui de la nature de la micro-flore qui disparaît ou résiste après application d'herbicides dans le sol. Nous devrons à ce sujet envisager plusieurs éventualités :

a) destruction dans le sol de certains organismes pathogènes des végétaux cultivés.

b) destruction de la micro-flore utile.

c) destruction de toute micro-flore à l'exception de certains pathogènes particulièrement résistants.

(2) Il est bien clair que notre conclusion ne vaut que pour les concentrations précisées ici. Il est vraisemblable qu'on peut chercher des concentrations très fortes qui, même au pH 6,8, seront fungicides pour les souches utilisées.

Différents auteurs et notamment HAMNER et all (8), BLACKMAN et son école (9-10) ont étudié l'influence du pH sur l'activité des herbicides sélectifs. Ils sont d'accord pour interpréter cette influence de la manière suivante : les molécules d'acides faibles pénètrent dans les cellules vivantes à l'état non dissocié. Or, pour une même concentration moléculaire, le nombre de molécules non dissociées est fonction du pH. Dès lors, la concentration totale nécessaire pour amener le même effet phytotoxique varie selon le pH dans des proportions considérables (de 1 à 100 pour certains organismes).

Nous approuvons entièrement cette manière de voir sur la base de recherches que nous avons publiées en 1930 (11) concernant la pénétration dans le protoplasme cellulaire des substances dissoutes et le rôle que joue l'état ionique des solutions.

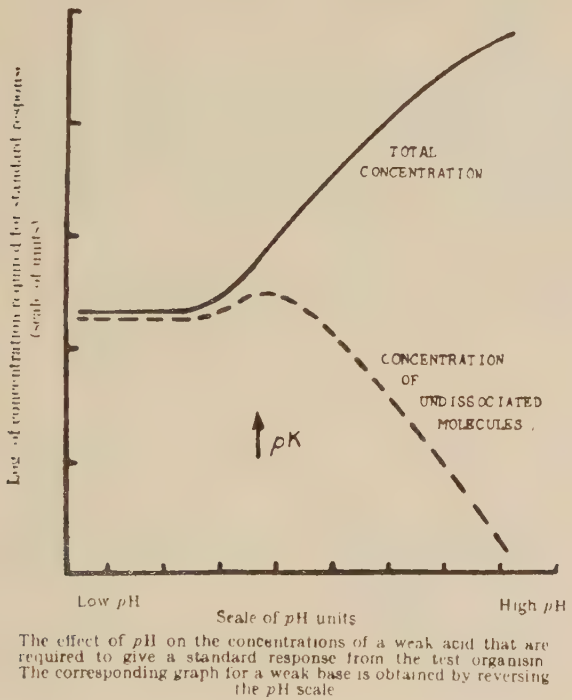
Dans un rapport relatif à l'action du pH sur l'activité biologique des acides et bases faibles, SIMON (12) introduit la courbe reproduite en Fig. I. Elle montre que la concentration de molécules non dissociées d'un acide faible diminue considérablement à mesure que le pH s'élève et, selon VAN OVERBEEK (13), les quantités de molécules non dissociées se trouvant dans une solution 0,001 Mol. de diverses auxines, à 2 pH différents : 6,2 et 5,5 sont évaluées comme suit :

DISSOCIATION DE 6 AUXINES

rangées en ordre de dissociation croissante (selon Van Overbeek (13), p. 688)

Solutions 0,001 Mol.	K	pK	(HA) in 10^{-3}M and pH 6,2.	(HA) in 10^{-3}M and pH 5,5.
Indolacétic acid.....	$2,8 \times 10^{-5}$	4,55	$2,2 \times 10^{-5}$	$1,03 \times 10^{-4}$
Alpha naphtalène acetic acid	$6,17 \times 10^{-5}$	4,21	$1,0 \times 10^{-5}$	$4,9 \times 10^{-5}$
Cis-cinnamic acid	$1,1 \times 10^{-4}$	3,96	$5,7 \times 10^{-6}$	$2,85 \times 10^{-5}$
Beta-naphthoxyacétic acid	$1,25 \times 10^{-3}$	2,89	$5,5 \times 10^{-7}$	$2,75 \times 10^{-6}$
2-4 D	$1,55 \times 10^{-3}$	2,81	$4,06 \times 10^{-7}$	$2,03 \times 10^{-6}$
2-4-5 T.....	$2,66 \times 10^{-3}$	2,57	$2,38 \times 10^{-7}$	$1,18 \times 10^{-6}$

Nous pouvons donc d'une manière générale expliquer la diminution de l'activité fungicide des herbicides et, en général,



The effect of *p*H on the concentrations of a weak acid that are required to give a standard response from the test organism. The corresponding graph for a weak base is obtained by reversing the *p*H scale

Fig. 1.
Reproduit de Simon (12).

de leur activité phytotoxique en fonction du pH déterminant la diminution du nombre de molécules présentes dans le milieu et aptes de ce fait à pénétrer dans les tissus.

* * *

Cependant, un 2-4-5 T sel sodique de *qualité technique* utilisé par nous infirme cette conclusion : ce sel à la concentration 0,006 Mol (6×10^{-3}) dans le milieu de culture, empêche toute croissance dans les cultures microbiennes ou fungiques aussi bien au pH 7 qu'au pH 4. Ceci est d'autant plus remarquable que l'activité du 2-4-5 T acide, de la même provenance mais pur,

suit la règle de la variation en fonction du pH énoncée plus haut.

Dans ces conditions, nous avons examiné très attentivement l'extraordinaire comportement de ce 2-4-5 T. technique qui est en réalité un mélange de 2-4, 2-3, 2-5 D et 2-4-5 T. sels sodiques. Il était normal de supposer que cette combinaison des divers homologues du 2-4 D avec le 2-4-5 T. constituait un mélange particulièrement synergique. Nos essais ont démontré qu'il n'en est rien et qu'un mélange de ces mêmes acides *purs* ne diffère pas sensiblement du 2-4-5 T. pur, en ce qui concerne l'activité biologique.

Dès lors, l'hypothèse de la présence dans ce 2-4-5 T. technique d'une impureté de composition différente des 2-4 D. et 2-4-5 T. est acceptable et doit être soumise à vérification.

* * *

Dans les expériences que nous allons rapporter ici, nous avons envisagé quatre objectifs :

I. — Confirmer sur un certain nombre de Champignons pathogènes de provenances diverses, l'action des hormones de synthèse, utilisées au pH de 4.6 à 4.9.

II. — Confirmer, sur ces mêmes organismes, la diminution de la toxicité en fonction de l'élévation du pH du milieu contenant les produits purs (pH 4.6 à 6.9).

III. — Étudier l'indifférence vis-à-vis du pH de certains corps dits techniques, en y recherchant outre les hormones de synthèse, des impuretés inconnues.

IV. — Isoler les impuretés éventuelles.

Action des hormones de synthèse pures ou techniques sur des Champignons pathogènes de provenances diverses cultivés en milieux de pH différents.

A. *Milieux de culture.*

Pour nos expériences sur Champignons pathogènes des hommes ou des animaux, nous avons choisi comme milieu expérimen-

tal standard le Sabouraud [1] additionné, en concentration 0,006 Mol., de divers composés toxiques et amenés pour chaque série d'observations à trois zones de pH différentes : 4.6 à 4.9, 5.6 à 5.9, 6.6 à 6.9.

Ces trois zones de pH sont obtenues par le mélange en proportions appropriées de deux milieux de Sabouraud préalablement préparés. Ces deux milieux sont, d'une part, du Sabouraud amené au pH 4.6-4.7 par addition de 50 cc °/₀₀ de solution à 10 °/₀₀ d'acide acétique, et, d'autre part, du Sabouraud amené au pH 6.9 par addition de 0.600 gr. °/₀₀ de Na_2HPO_4. 12 H_2O.

B. *Organismes étudiés.*

Voici la liste et la provenance des souches que nous avons cultivées :

Hôpital S^t Louis, Paris.

I. *Trichophyton gypseum granulosum.*
II. *Trichophyton gypseum asteroïdes.*
III. *Trichophyton acuminatum*
IV. *Epidermophyton inguinale.*
V. *Sporotrichum Schenckii.*
VI. *Scopulariopsis brevicaulis.*
VII. *Cephalosporium (Cascharron ?) sp.*
VIII. *Microsporum felineum.*
IX. *Nocardia africana.*
X. *Nocardia asteroïdes.*
XI. *Oïdium albicans.* (Oïdium candidum, Monilia candida, Candida albicans).

Bureau voor Schimmelcultures, Baarn (Hollande).

XII. *Cryptococcus neoformans,* (San Felice) Vuillemin.
XIII. *Microsporum audouini.* (Grusbey)
XIV. *Trichophyton rubrum* (A. Cast.) Sab.
XV. *Trichophyton acuminatum*
XVI. *Trichophyton interdigitale Priestley.*
XVII. *Trichophyton Schoenleini.*

Congo (prélevé sur humain).

XVIII. *Trichophyton* 2/1 *A « ring worm »* (culture cotonneuse, blanc teinté de rose).

(1) Milieu de Sabouraud : Maltose purissime 40 gr.
Peptone Witte 10 gr.
Agar 15 gr.
Eau 1000 cc.

Comme on le voit, certaines souches viennent de Baarn où elles sont cultivées sur milieu synthétique, d'autres ont été prélevées sur le vif à l'Hôpital Saint-Louis à Paris et entretenues dans les collections ; la dernière souche a été prélevée directement au Congo sur une dermatose et envoyée en Belgique. Nous attachons de l'importance à l'origine qui peut être responsable des variations de ces souches dans leur virulence et dans leur résistance aux produits expérimentés.

Dans cet ordre d'idées, nous aurons à discuter plus loin le comportement de deux souches du même Champignon *Trichophyton acuminatum*, l'une venant de Baarn (Hollande), l'autre de l'Hôpital Saint-Louis (Paris).

C. *Hormones de synthèse et corps actifs utilisés.*

Les corps suivants ont été incorporés en concentration 0,006 Mol. aux milieux « Sabouraud ».

A. I. A. : acide B indol acétique.

A. I. P. : acide B indol propionique.

2-4 D. : acide 2-4 dichlorophénoxyacétique.

2-5 D. : acide 2-5 »

2-3 D. : acide 2-3 »

2-4-5 T. : acide 2-4-5 trichlorophénoxyacétique.

Nous avons mélangé en doses égales les séries à 2-4 D, 2-3 D, 2-5 D, 2-4-5 T. purs au pH 6,8, de façon à voir si nous pourrions mettre en évidence une éventuelle synergie (3).

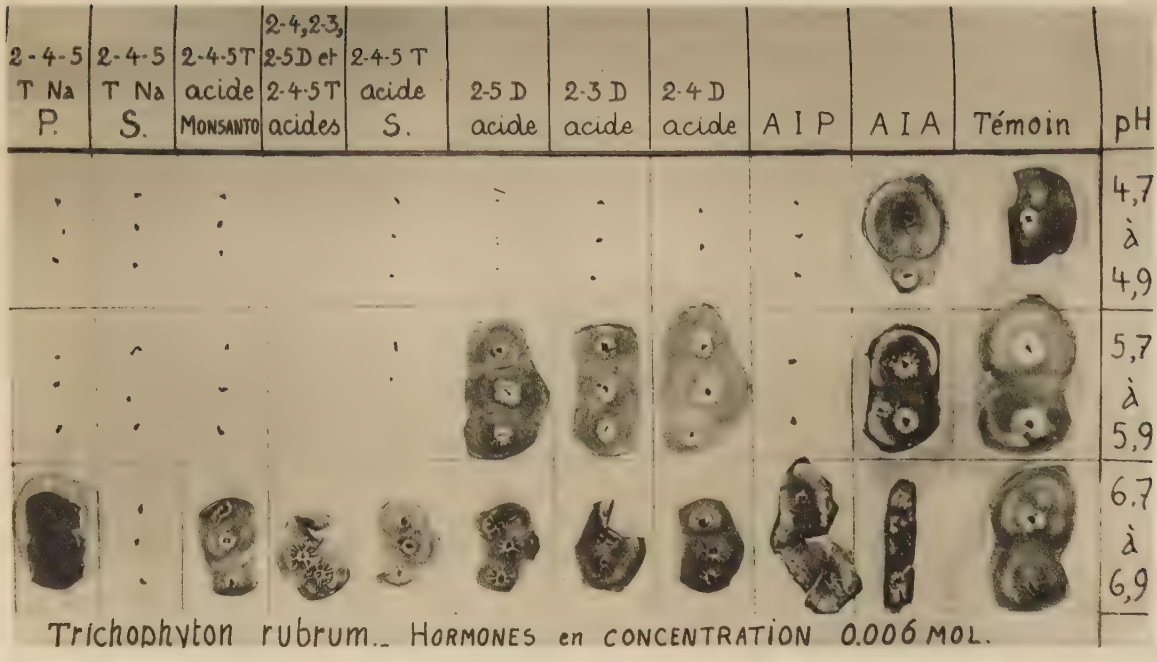
De même aussi, nous avons fait un mélange A. I. A. et A. I. P. au pH 6,8.

Étant donnés les résultats précédement obtenus avec un 2-4-5 T. Na de qualité technique, nous avons réalisé plusieurs séries de milieu « Sabouraud », contenant du 2-4-5 T. acide *pur* ou technique de quatre fabrications différentes :

2-4-5 T. acide pur S.

2-4-5 T. acide pur Mont Santo.

2-4-5 T. Na. technique en trois préparations : S_1, S_2, P.



(Fig. 2) Photo R. SAUVEUR.

Inhibition de la croissance de *Trichophyton rubrum* (A. Cast.) Sab.,
en milieu Sabouraud (3 zones de pH) additionné de diverses hormones de synthèse.

Expérience des 13 et 17 mars 1952.

(Fig. 3)

Photo R. SAUVEUR. — 4 avril 1952.

1. Sabouraud pH 4,9 2. Sabouraud pH 6,5 + impureté 3. Sabouraud pH 6,9

Rangée supérieure : *Epidermophyton inguinalis* (origine Paris) ;
(2) impureté à 0,1775 °/$_{00}$.
Deux rangées inférieures : *Trichophyton gypseum astéroïdes* (origine Paris).
Rangée du milieu ; (2) impureté à 0,1775 °/$_{00}$.
Rangée du bas ; à g., impureté diluée au huitième ;

A titre de comparaison pour évaluer les indices de toxicité, nous avons aussi incorporé à certaines séries de la Coumarine 0,001 Moléc. ou des dérivés dithiocarbamiques :

a) éthylphényldithiocarbamate de Zn.

b) disulfure de tétraméthylthiuram.

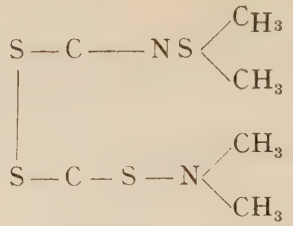
On sait, en effet, que certaines lactones naturelles non saturées sont très importantes en biochimie, en jouant le rôle d'inhibiteur soit de la germination (substances freinantes de FROESCHEL, 14), (15), soit de la croissance ou du développement des plantes (16). On a surtout étudié les Coumarine (17) Protoanemonine (18). HAMNER et all (19) ont expérimenté l'action de la B. Umbelliferone (Coumarine substituée) sur la croissance de trois Champignons pathogènes des végétaux : *Poria monticola, Fusarium lycopersici, Monolinia fructicola,* et enregistré un ralentissement appréciable des trois organismes avec des doses de 5 à 20 mg. pour mille de la lactone envisagée ; mais cependant pas d'inhibition.

Beaucoup de lactones naturelles sont des bactéricides puissants. Par exemple, le di-Coumarol dont l'action anticoagulante est bien connue aujourd'hui, est aussi un antibiotique ; de même l'Anémonine, la Protoanemonine, etc... beaucoup d'antibiotiques, Patuline, Expansine, Acide Pénicillique contiennent un anneau lactonique non saturé.

Nos solutions de Coumarine pure ont été incorporées à la concentration de 0,001 Mol. soit 146 mgr. °/₀₀, concentration beaucoup plus considérable que celles utilisées par HAMNER et all. pour la B. Umbelliferone (5-20 mgr. °/₀₀). Enfin, nous avons pour comparaison avec les hormones de synthèse préparé deux milieux contenant des composés thiocarbamiques, l'un l'éthylphényldithiocarbamate de Zn à la concentration de 2,722 pour mille

$$\left[\begin{matrix} C_2H_5 \\ | \\ C_6H_5 \end{matrix}\!\!>\!N - CS - S\right]_2 ZN$$

l'autre le disulfure de tétraméthylthiuram



à la concentration de 1,44 °/oo (0,006 Mol.).

Les thiocarbamates sont des fongicides puissants (20) utilisés considérablement en Agriculture (1), qui ont été aussi essayés dans la lutte contre les infections fungiques et les parasites épidermiques de l'homme et des animaux (21-22-23-24).

Mais, comme tous les dérivés sulfurés, ils causent de la dermatite, de l'irritation du nez, de la gorge chez certains individus. De plus, ils sont très difficiles à incorporer d'une manière homogène dans un milieu de culture.

D. *Préparation des milieux et conditions de culture.*

Les milieux, après ajustement et vérification du pH, sont autoclavés, puis coulés en boîtes de Pétri (Pyrex) (2).

On repique dans chaque boîte, trois implantats d'une même souche, en pleine activité de croissance.

On place à l'étuve biologique à 27° pendant 10 à 15 jours.

Après ce temps, la croissance est mesurée, les cultures sont tuées au formol, extraites des récipients de culture, placées sur papier filtre entre deux lames de verre et photographiées.

E. *Résultats expérimentaux.*

Les résultats des observations sont donnés dans les tableaux I et II où sont évaluées les croissances par le moyen des chiffres allant de 5 à 0 (5 = croissance exubérante, 0 = croissance nulle).

(1) La Lutte contre les maladies fungiques des végétaux fait l'objet aux États-Unis d'un programme organisé de recherches. Les ravages causés aux récoltes par les Champignons y sont de l'ordre du billion de dollars. Le N° 16 des Contributions du Boyce Thompson Institute (vol. 7), 1951, est tout entier consacré à un Symposium sur les Fongicides.

(2) Après refroidissement, le pH des boîtes de Pétri est à nouveau vérifié.

Milieux	pH.	I. Trichophyton gypseum granulosum			II. Trichophyton gypseum asteroïdes			III. Trichophyton acuminatum			IV. Epidermophyton inguinalis			V. Sporotrichum Schenckii			VI. Scopulariopsis brevicaulis			VII. Cephalosporium sp			VIII. Microsporum felineum			IX. Nocardia africana			X. Nocardia asteroïdes		
Sabouraud pur	4.9	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	2	2	2	1	1	1
	5.8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		5	5	5				4	5	5	0	3	3				4	4	4
Témoin	6.9	4	4	4	4	4	4	5	5	5	4	4	4	5	5	5	4	4	4	2	2	2	4	4	1	4	4	4	4	4	4
Acide indol-acétique	4.9	4	4	4	0	0	3	0	0	3	0	0	1	4	4	4				4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A.I.A.	5.7	3	4	4	4	4	4	4		4	0	0	3	5	5	5	4	4	4	4	4	4	0	3	4	2	2	1	0	0	0
	6.7	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	4		4	4	4	4	4	4	3	2	2	4	4		2	2	2			
Acide indol-propionique	4.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A.I.P.	5.8	1	1	1	0	0	0	0	0	4	0	0	2	2	3	3	0	0	3	4	4	4	3		3	0	0	0	0	0	0
	6.8	2	2	2	2	3	3	0	3	3				4	4	4				3	3	3							1	1	0
Acide 2-4 dichlorophé-	4.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0				0	0	0
noxyacétique pur.	5.8	3	3	3	0	3	3	0	0	0	0	0	0	3	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	3	2	2	2	0	0	0
2-4-D.	6.5	4	4	4	0	4	4	0	3	3	0	0	3	4	4	4	4	5	4	3	3	3	0	0	3	2	2	2	0	1	0
Acide 2-4-5-trichloro-	4.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							0	0	0				0	0	0	0	0	0
phénoxyacétique pur.	5.9	0	3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	2	2	0	0	0
2-4-5-T.	6.9	3	4	4	0	3	3	0	4		0	3	4	2	3	4	2	3	3	3	3	3	0	0	3	2	2	2	?	0	0
2-4-5 trichlorophéno-	4.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
xyacétate de Na (techni-	5.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	?	?	?	0	0	0
que) 1re préparation (S.1.	6.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-4-5 trichlorophénoxya-	4.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0
cétate de Na (technique)	5.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	2	0	0	0
2me préparation (S. 2.)	6.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coumarine pure	4.9	3	4	4	4	4	4	0	3	4	0	0	0	4	4	4				4	4	4	0	0	0				1	0	0
(0.001 Mol).	5.8	4	4	5	0	4		4	4	4	0	0	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	4	3	2	2	0	0	0
	6.8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	3	5	5	5										2	2	2	3	3	3

Evaluation de la croissance des cultures :

5. = croissance exubérante
4. = croissance abondante
3. = croissance médiocre
2. = croissance très médiocre
1. = croissance presque nulle
? = croissance douteuse
0. = inhibition totale de la croissance

Chaque chiffre correspond à un implantat.

TABLEAU II

CROISSANCE DE CERTAINS ORGANISMES PROVENANT DE BAARN (BUREAU VOOR SCHIMMELCULTUUR) CULTIVÉS SUR SABOURAUD CONTENANT DES HORMONES DE SYNTHÈSE (0.006 MOL) A TROIS pH DIFFÉRENTS.

Milieux	pH.	Cryptococcus neoformans	Candida albicans	Microsporum audouini	Trichophyton rubrum	Trichophyton acuminatum	Trichophyton interdigitale	Trichophyton Schoenleini	T. 2 /1 A. dermatose humaine (souche du Congo)
Témoin	4.9	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	5 5 5
	5.7	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	5 5 5
	6.9	4 4 4	3 3 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	5 5 5
A.I.A.	4.9	4 4 4	1 1 1	0 0 0	0 0 3	0 0 0	1 2 2	3 3 3	3 3 3
	5.6	4 4 4	4 4 4	3 3 4	4 4 4	1 2 2	4 4 4	3 3 3	2 2 2
	6.6	4 4 4	4 4 4		3 3 3	3 3 3	4 4 4	4 4 4	2 2 2
A.I.P.	4.9	2 2 3	1 1 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
	5.6	4 4 4	3 3 4	3 4	0 0 0	0 0 2	0 0 0	2 2 3	1 1 1
A.I.A + A.I.P. (*ava*)	6.6	4 4 4	3 3 4	4 4 4	4 4 4	3 3 4	4 4 4	4 3 4	
2-4 D. pur.	4.8	4 4 4		0 0 0	0 0 0	0 0 0		0 0 0	
	5.6	4 4 4		4 4 3	3 4 4	0 0 0		3 3 3	
	6.8	4 4 4		4 4 4	4 4 3	0 3 3		3 3 3	
2-5 D. pur.	4.7	4 4 4		0 0 0	0 0 0				
	5.6	4 4 4		4 3 3	4 4 4				
	6.8	4 4 4		4 4 4	4 4 4				
2-3 D. pur.	4.8	4 4 4		0 0 0	0 0 0				
	5.6	4 4 4		4 4 4	4 4 4				
	6.8	4 4 4		4 4 4	4 4 4				
2-4-5 T. acide	4.9	1 2 2	2 2 2	0 0 0	0 0 0	0 0 0		0 0 0	0 0 0

2-4-5-T acide	4.9	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1									
M. Santo.	5.6	4	3	3	2	2	2	0	0	0	0	0	0						3	3	3								
pur	6.7	4	4	4	3	3	3	3	4	4	3	4	4	0	0	2	4	4	4	3	3	3							
2-4-5-T. Na	4.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Technique	5.6	0	0	?	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
(S. 2)	6.9				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
2-4-5 T Na	4.8	1	2	1	?	?	?	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Technique (P)	5.7	2	2	3	2	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0				
	6.9	2	2	2	3	3	3	3	2	0	0	0	0	3	3	3	4	4	4	3	3	3	0	0	0				
Disulfure de	4.5										0	0	0	0	3	2	3	3	3	3	3	3							
Thiuram	5.7	3	3	3							3	4	4	3	3	3				4	4	4							
	6.9	4	4	4							4	4	4	3	3	3	3	4	3	5	4	4							
Ethyl-phényl	4.5										4	3	3							0	2	1							
carbamate	5.6										4	4	4							4	4	4							
de Zn.	6.9										4	4	4	2	2	2				4	4	4							

Évaluation de la croissance des cultures :

5. = croissance exubérante,
4. = croissance abondante,
3. = croissance médiocre,
2. = croissance très médiocre,
1. = croissance presque nulle,
? = croissance douteuse,
0. = inhibition totale de la croissance ;

Chaque chiffre correspond à un implantat.

Le tableau III résume l'activité des quatre principales hormones de synthèse vis-à-vis des 17 organismes étudiés, aux pH en dessous de 5.

La fig. 2 représente une culture tuée au formol et étalée sur papier filtre *(T. rubrum)*.

L'examen des tableaux et figure permet de formuler un certain nombre de constatations :

1° En général, les Champignons poussent très bien sur les milieux témoins et sont insensibles aux variations de pH entre 4.6 et 7. : sauf *Epidermophyton inguinalis*, *Microsporum felineum* et *Nocardia asteroïdes* (Tableau I) qui se développent mal ou pas du tout au pH. 4.7. La sensibilité particulière de ces trois organismes se retrouve d'ailleurs dans toutes les séries expérimentales.

2° Aux pH de 4.7 à 4.9, la plupart des organismes étudiés sont totalement ou partiellement inhibés par A. I. A., A. I. P., 2-4 D., 2-4-5-T. Cependant pour certains organismes les hormones sont sélectives : *Cephalosporium* résiste à A. I. A. et à A. I. P., mais pas aux 2-4 D et 2-4-5 T. ; au contraire *Oïdium* et *Cryptococcus* sont très peu sensibles aux 2.4 D et 2.4.5 T. purs mais sont davantage inhibés par A. I. A. et A. I. P.

Dans l'ensemble, A. I. A. est moins actif que A. I. P. Par exemple, certains Trichophyton sont peu sensibles à A. I. A (dans les conditions expérimentales), mais sont atteints par A. I. P., certains même au pH 6,9 *(Trichophyton gypseum granulosum, Trichophyton gypseum asteroïdes)*.

Mais, dans les limites de ces variations spécifiques relatives à l'action des différents produits, nous confirmons ici, d'une manière très nette, nos conclusions précédentes : *les hormones de synthèse utilisées comme herbicides sélectifs ont à certaines concentrations (0,006 Mol.) et particulièrement aux* pH *acides 4,5 — 5,2, un pouvoir d'inhibition phytotoxique considérable vis-à-vis des Champignons inférieurs pathogènes.*

La pénétration et l'action des herbicides sur les cellules des Champignons pathogènes, est pour une concentration donnée

TABLEAU III

SENSIBILITÉ A L'ACTION DES QUATRE HORMONES PRINCIPALES (0.006 M.) (PH EN DESSOUS DE 5) DES 17 ORGANISMES EXPÉRIMENTÉS.

	A. I. A.	A. I. A.	2-4 D	2-4-5 T pur
Trichophyton gypseum granulosum	insensible	sensible	sensible	sensible
Trichophyton gypseum astéroïdes	sensible	sensible	sensible	sensible
Trichophyton acuminatum (Paris)	sensible	sensible	sensible	sensible
Trichophyton acuminatum (Holl.)	sensible	sensible	sensible	sensible
Trichophyton rubrum	peu sensib.	sensible	sensible	sensible
Trichophyton interdigitale	peu sensib.	sensible	sensible	sensible
Trichophyton Schoenleini	insensible	sensible	sensible	sensible
Epidermophyton inguinalis	sensible	sensible	sensible	sensible
Sporotrichum Schenkii	insensible	sensible	sensible	sensible
Scopulariopsis brevicaulis	?	sensible	?	sensible
Cephalosporium sp.	insensible	insensible	sensible	sensible
Microsporum felineum	sensible	sensible	?	sensible
Microsporum audouini	sensible	sensible	sensible	sensible
Nocardia africana	sensible	sensible	sensible	sensible
Nocardia asteroïdes	sensible	sensible	sensible	sensible
Cryptococcus neoformans	insensible	peu sensib.	insensible	peu sensib.
Candida albicans	peu sensib.	peu sensib.		insensible.

sensible = inhibition totale de la croissance.
peu sensible = inhibition partielle.
insensible = pas d'inhibition apparente.
? = action peu nette.

fonction du pH et par conséquent de la quantité de molécule, non dissociées. Les produits purs (à la concentration 0,006 Mol.) perdent une bonne part de leur toxicité aux pH compris entre 5.9 et 6.9.

Il reste bien entendu que si nous avions employé des concentrations de plus en plus considérables, nous en aurions trouvé vraisemblablement une pour laquelle la quantité de molécules non dissociées pénétrant dans les cellules eussent atteint une valeur suffisante pour bloquer les activités métaboliques même au pH 6.9.

3) *Influence de l'origine des souches utilisées.*

Nous reproduisons au tableau IV les résultats obtenus sur deux souches de *Trichophyton acuminatum* de provenance différente. On sait, en effet, que la culture continue de mycélium sur un même milieu aboutit à une dégénérescence, un affaiblissement de la souche et on pourrait supposer que l'action toxique

TABLEAU IV

CROISSANCE DE *Trichophyton acuminatum* PROVENANT DE DEUX SOUCHES *différentes.*

Milieux	Origine	pH : 4.5 — 4.9	5.6 — 5.9	6.5 — 6.9
Témoin	Baarn	4 4	4 4 4	4 4 4
	Paris	4 4	4 4 4	4 4 4
A.I.A.	Baarn	0 0 0	1 2 2	3 3 3
	Paris	0 0 4	4 3 4	4 4 4
A.I.P.	Baarn	0 0 0	0 0 2	3 3 4
	Paris	0 0 0	0 0 3	3 4 0
2-4-5 T	Baarn	0 0 0	0 0 0	0 0 2
acide pur	Paris	0 0 0	0 0 0	0 3 3
2-4-5-T Na	Baarn	0 0 0	0 0 0	0 0 0
Technique (S1)	Paris	0 0 0	0 0 0	0 0 0

pH 4,9. pH 6,9.

Sabouraud seul

Sabouraud
+ Corps X
Conc. 17,75 mg %

dilué au 1/2

dilué au 1/4

dilué au 1/8
(2 mgr 22 % cc.).
(1 pour 44.000)

(Fig. 4) Photo R. SAUVEUR. — 24 mars 1952.

Trichophyton interdigitale Priestley (origine Baarn).
cultivé sur Sabouraud seul ou additionné du corps X à différentes concentrations.
A gauche, milieu au pH 4,9.
A droite, milieu au pH 6,9.

Photogr. après 10 jours de culture à 30 ° C.

(Fig. 5) Photo R. SAUVEUR. — 22 mars 1952.

Boîtes de Pétri contenant du milieu Sabouraud.

1re rangée horizontale au pH 4,9.

Au centre, Sabouraud additionné du corps X, 17,75 mgr %, pH 6,9.

Dernière rangée, Sabouraud au pH 6,9.

Toutes les boîtes ont été ouvertes ¼ d'heure dans un laboratoire puis mises en étuve à 26 ° C.

Photographie faite après 5 jours.

des hormones de synthèse est due en ordre principal à un affaiblissement des souches.

Rien dans nos essais ne nous permet de vérifier cette manière de voir ; tout au plus, peut-on dire que le *Trichophyton acuminatum* de Paris est un peu plus résistant que celui de Hollande, mais l'ordre d'intensité réactionnelle est le même.

Au surplus, l'organisme catalogué T. 2/1 A isolé directement d'une dermatose au Congo belge se comporte comme les autres souches pathogènes ; il est inhibé totalement par la plupart des hormones expérimentées, aux pH les plus bas.

4) *Influence des impuretés sur la valeur toxique des Hormones de synthèse.*

Les 2-4-5 T acide et sels sodiques de provenances diverses se sont montrés surtout actifs en qualité dite technique, comme nous l'avions constaté précédemment pour un 2-4-5 T Na technique (S_1) qui maintient, malgré les variations du pH du milieu, son action toxique uniforme.

Le fait que ce composé agit à n'importe quel pH nous a fait supposer qu'il contient, sous forme d'impureté non encore décelée, un corps extrêmement toxique dont l'activité ionique est faible, beaucoup plus faible que celle des acides 2-4 D, 2-4-5 T qui sont eux déjà des acides faibles.

La composition du 2-4-5 T Na technique de S_1 mélangé de 2-4 D, 2-3 D, 2-5 D, 2-4-6 T à laquelle nous avions pensé pouvoir attribuer une valeur synergique considérable doit être étudiée de beaucoup plus près.

Nous avons effectué le mélange des corps purs (2-3 D, 2-4 D. 2-5 D, 2-4-5 T, 2-4-6 T.) qui représentent la composition connue du sel technique. Ce mélange n'a pas donné d'effet synergique et ne peut être tenu pour responsable des qualités fongicides exceptionnelles des composés techniques S_1 et S_2. Le composé technique P manifeste des activités similaires, mais avec une intensité beaucoup moindre.

Nous devons donc conclure qu'il existe une impureté chimiquement indépendante de la structure moléculaire du 2-4-5 T et qu'elle agit soit en synergie avec ce composé, soit de par son activité propre, indépendante de celle du 2-4-5 T.

ÉTUDE DES IMPURETÉS DES SELS TECHNIQUES.

L'expérience suivante est consacrée à la vérification expérimentale de la conclusion à laquelle nous venons d'aboutir. Elle comporte deux étapes :

I. — Extraction de l'impureté active des divers échantillons de 2-4-5 T techniques que nous avons utilisés dans nos essais antérieurs.

II. — Vérification de l'activité phytotoxique des extraits obtenus.

I. *Isolement à partir de divers échantillons de 2-4-5 T Na techniques.*

Nous disposons de trois échantillons de 2-4-5 T Na techniques :

1) 2-4-5 T Na S. 1.
2) 2-4-5 T Na S. 2.
3) 2-4-5 T Na P.

Nos premières expériences de toxicité ont été faites avec le produit 1). Comme nous utilisons des solutions 0,006 Mol. d'hormones synthétiques, la première opération consiste à traiter par de l'éther sulfurique désoxydé 0,333 gr. de 2-4-5 T Na S. 1., quantité nécessaire pour obtenir 200 cc. de solution 0,006 Mol.

Ensuite, nous avons traité de même à l'éther sulfurique désoxydé :

5 gr. de 2-4-5 T Na préparation S1.
5 gr. de 2-4-5 T Na préparation S2.
100 gr. de 2-4-5 T Na préparation P.

Après distillation de l'éther et dessication des extraits, nous avons obtenu les résultats suivants :

0 gr. 333 S .1. donne 0,0275 gr. extr. sec, soit 8,25 %
5 gr. S. 1. donne 0,4387 gr. extr. sec, soit 8,77 %
5 gr. S. 2. donne 0,226 gr. extr. sec, soit 4,52 %
100 gr. P. donne 0,223 gr. extr. sec, soit 0,223 %

Les divers extraits secs ont le même aspect, produit huileux

brun, contenant quelques agglomérats blancs, à odeur forte empyreumatique.

Nous avons redissous le résidu d'évaporation de l'éther d'extraction du 1er échantillon dans 200 cc. de Sabouraud au pH 6,8. ce qui l'amène à la même concentration expérimentale que dans les milieux au 2-4-5 T Na utilisé pour nos essais (en 2-4-5 T. solut. 0,006 Mol.). L'addition de cet extrait ne fait pas varier le pH du milieu.

Les 200 cc. de Sabouraud au pH 6,8 contenant l'extrait des 0 gr. 333 de 333 de 2-4-5 T Na S. 1. sont divisés en quatre parts de 50 cc. chacune et traités comme indiqué ci-après :

1) addition de 2-4-5 T. S. 1. purifié à l'éther pour obtenir une concentration 0,006 Mol. d'hormone, nous reconstituons par conséquent le 2-4-5 T. S. 1 complet.

2) addition de 2-4-5 T Na technique P.

3) addition de 2-4-5 T acide Mont Santo (produit pur) amené au pH 6,6.

4) ne contient que l'impureté.

Ces quatre milieux coulés en boîtes de Pétri sont incorporés dans une série expérimentale qui contient les trois 2-4-5 T précédents, en concentration 0,006 Mol. et aux trois pH habituels.

Le schéma de l'expérience est donc :

Milieux de Sabouraud	pH *des différents milieux*		
1) seul	4,7	5,7	6,8
2) + corps X			6,8
3) + 2-4-5 T Na S.1 complet	4,8	5,6	6,8
4) + 2-4-5 T Na S.1 purifié à l'éther	4,8		6,8
5) + 2-4-5 T Na S. 1 purifié à l'éther + corps X.			6,8
6) + 2-4-5 T. Na technique P.	4,8	5,7	6,8
7) + 2-4-5 T. Na technique P + corps X.			6,8
8) + 2-4-5 T acide pur Mont Santo	4,8	5,5	6,6
9) + 2-4-5 T acide pur Mont Santo + corps X			6,6

Soit en tout 18 séries expérimentales.

Cette expérience nous permettra de voir :

1) si nous avons réellement extrait l'impureté active du 2-4-5 T Na S. 1.

2) si cette impureté est active par elle-même.

3) si elle possède vis-à-vis des 2-4-5 T purs une activité synergique ou antagoniste.

Sur ces divers milieux sont repiquées des souches de *Trichophyton interdigitale Priestley* (provenance Baarn), *Trichophyton Schoenleini* (provenance Baarn) et *Candida albicans* (provenance Hopital Saint Louis, Paris).

Chaque organisme est repiqué à raison de trois implantats par série de milieu nutritif préalablement stérilisé à 120° C pendant 10 minutes et coulé en boîtes de Pétri en chambre stérile.

Les boîtes sont tenues en étuve biologique à 30° C pendant 12 jours.

Les résultats de cet essai sont représentés au Tableau V. Ils sont significatifs.

Le corps extrait par nous du 2-4-5 T Na S 1 (qualité technique) constitue à lui seul un fongicide puissant beaucoup plus actif que le 2-4-5 T pur lui-même, puisque nous avons utilisé celui-ci à la concentration moyenne de 1,66 gr ‰ (0,006 M.) tandis que l'impureté incorporée au milieu témoin Sabouraud à la dose de 13,7 mgr pour 100 cc, et au pH de 6,8 inhibe la croissance des trois organismes utilisés dont deux sont particulièrement résistants aux herbicides sélectifs, *Candida albicans* et *Trichophyton Schoenleini*.

Candida albicans dans cet essai, comme dans les précédents, est assez peu sensible au 2-4-5 T acide pur Mont Santo ou au 2-4-5 T Na purifié. Par contre, il est inhibé :

totalement par le 2-4-5 T Na S. 1 technique aux trois pH, par le 2-4-5 T Na P au pH 4,8,

partiellement par le 2-4-5 T Na P au pH 5,7 tandis qu'au pH 6,8, il n'est plus inhibé.

Ce résultat montre que le 2-4-5 T Na P contient effectivement, mais en moins grande proportion le corps (ou un homologue) actif dans le 2-4-5 T Na S. 1, fait vérifié par notre essai d'extraction relaté précédemment.

TABLEAU V

CROISSANCE DE TROIS ORGANISMES CULTIVÉS SUR MILIEU DE SABOURAUD, EN PRÉSENCE DE 2-4-5 T. Na, NON PURIFIÉ OU PURIFIÉ ET DU CORPS ISOLÉ.

Milieux	pH,	Organismes implantés dans les Milieux								
		Candida albicans			Trichophyton interdigitale			Trichophyton Schenleini		
Sabouraud	4.7	4	4	4	4	4	4	3	3	3
	5.7	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Témoin	6.7	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Sabouraud + corps X.	6.8	0	0	0	0	0	0	0	?	0
2-4-5 T Na (S, 1)	4.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ordinaire	5.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
non purifié à l'éther	6.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-4-5 T Na (S. 1) ordinaire	4.8	2	3	2	0	0	0	0	0	0
purifié à l'éther	6.8	4	4	4	3	3	3	3	3	3
idem + corps X.	6.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-4-5 T Na	4.8	0	0	?	0	0	0	0	0	0
Technique (P.)	5.7	3	3	4	1	0	2	0	0	2
	6.8	4	4	4	3	3	3	3	3	4
idem + corps X.	6.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-4-5 T acide	4.8	2	2	2	0	0	0	0	0	0
Mont Santo	5.5	3	3	3	0	0	0	0	1	2
	6.6	4	4	4	3	3	3	3	3	3
Idem + corps X.	6.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Évaluation de la croissance des cultures sur les milieux expérimentés :

4. = croissance abondante
3. = croissance médiocre
2. = croissance très médiocre.
1. = croissance presque nulle
?. = croissance douteuse
0. = inhibition totale de la croissance

Chaque chiffre correspond à un implantat.

REMARQUE.

La constatation faite avec *Candida albicans* de l'action différente au même pH et aux mêmes concentrations de deux corps de même formule, mais de provenance différente, (2-4-5 T acide

Mont Santo et 2-4-5 T Na S. 1) montre l'*importance* pour les expériences biologiques de la pureté des produits utilisés. Sans doute de nombreuses contradictions relevées dans la littérature sur l'action des herbicides sélectifs doit-elle trouver son origine dans l'utilisation de produits de pureté différente.

II. *Recherche du seuil de Toxicité du corps isolé.*

Nous venons de voir que l'impureté est un corps soluble dans l'éther sulfurique et que, dans une solution 0,006 Mol. de 2-4-5 T Na technique S_1, elle suffit à empêcher toute croissance de Champignons pathogènes. On ne peut donc ici parler de synergie comme nous l'avions supposé précédemment pour expliquer la remarquable activité de ce 2-4-5 T. à n'importe quel pH.

L'extrait éthéré, séché, se présente comme nous l'avons dit (et pour les trois produits de 2-4-5 T Na étudiés) sous forme d'une huile jaune-brun à odeur fortement empyreumatique qui laisse cristalliser, dans sa masse, après quelques jours, de longues plaquettes blanchâtres.

L'étude chimique des extraits éthérés obtenus est en cours et sera publiée ultérieurement.

Ayant vérifié que ces trois extraits secs ont la même capacité toxique sur les organismes dont nous avons disposé, nous relatons maintenant l'expérience qui a pour but de rechercher le seuil de toxicité de ces extraits.

On dissout 0,1775 gr. de l'impureté dans un litre de Sabouraud et la même quantité dans un litre de Sabouraud contenant déjà du 2-4-5 T Na P. purifié. Avec ces deux milieux, les séries de dilutions expérimentales du corps sont constituées à deux pH différents : 4,9 et 6,9.

Milieux :	Sabouraud seul	Sabouraud + 2-4-5-T-Na-P purifié à l'éther.
Concentration du corps X.	0,1775 °/oo	0,1775 °/oo
(dilution 1 /2)	0,08875	0,08875
(dilution 1 /4)	0,04437	0,04437
(dilution 1 /8)	0,02218	0,02218
(dilution 1 /10)		0,01775
Témoin	0.	0.
pH des séries	4,9-6,9	4,9-6,9

Sur ces différents milieux, nous avons repiqué :

I. *Candida albicans.*
II. *Trichophyton interdigitale.*
III. *Trichophyton Schoenleini.*
VI. *Nocardia Africana.*
V. *Nocardia asteroïdes.*
VI. *Trichophyton gypseum granulosum.*
VII. *Cephalosporium* (Caschar - ron ?) sp.
VIII. *Trichophyton gypseum asteroïdes.*
IX. *Epidermophyton inguinalis.*
X. *Scopulariopsis brevicaulis.*

Toutes les souches proviennent de l'Hôpital Saint Louis, Paris, sauf III qui nous a été envoyé de Baarn (1).

Après 15 jours en étuve biologique, la croissance des cultures est évaluée (voir tableau VI) puis elles sont tuées au formol et photographies (voir Fig. 3 et 4) (2).

De l'examen du tableau et des photos, nous pouvons tirer quelques conclusions qui ne comportent aucune discussion :

1) Le corps est un fongicide et un bactéricide puissant, à la dose de 1,775 pour 10.000, soit 1 pour 5.700.

2) Son action, à cette concentration, est indifférente au pH du milieu.

3) A une concentration quatre fois plus faible 1,775 pour 40.000 (soit 1 pour 22.800), il inhibe encore la croissance de tous les organismes que nous avons eu l'occasion d'ensemencer et cela quel que soit le pH.

4) A une dilution plus grande encore 1,775 pour 80.000 (soit 1 pour 45.600), il n'inhibe plus toutes les espèces de micro-organismes.

Certaines espèces sont particulièrement résistantes : *Candida albicans, Trichophyton gypseum granulosum, Trichophyton gypseum astéroïdes, Scopulariopsis brevicaulis* qui se développent plus ou moins.

5) A la dilution de 1,775 pour 100.000 soit 1 pour 57.000, il inhibe encore certains organismes dont *Trichophyton Schoenleini, T. interdigitale,* au pH 6,9 et en présence de 2-4-5 T.

(1) Pour certains organismes, nous n'avons pas réalisé la série expérimentale complète, faute de matériel.

(2) Les *Nocardia* se développent avec lenteur, les résultats enregistrés au tableau sont obtenus après 36 jours de culture (17 mars au 23 avril). Cephalosporium s'est mal développé sur les milieux témons ; il ne figure pas au tableau.

TABLEAU VI. — Croissance d'organismes cultivés sur Sabouraud, additionné du corps X. en diverses dilutions.

Milieux	pH.	Candida Albicans	Tricophyton Schoenleini	Tricophyton interdigitale	Nocardia Africana	Nocardia asteroïdes	Trichophyton gypseum granulosum	Trichophyton gypseum asteroïdes	Epidermophyton inguinale	Scopulariopsis brevicaulis
Sabouraud seul	4.9	4 4 4	4 3 3	4 4	2 2 2	2 2 2	4 4 4	3 3 3	4 4 4	4 4 4
	6.9	4 4 4	4 4 4	4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4
Sabouraud + 2-4-5-T Na technique purifié (0.006 Mol)	4.9	3 3 2	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
	6.9	4 4 4	4 4 4	4 4 4	2 2 2	0 1 1	3 3 4	0 3 3	0 2 2	3 3 3
Sabouraud + Corps X. à 0,1775 mg °/oo (1 pour 5714)	4.9	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
Sabouraud + Corps X. à 0,1775 mg °/oo (1 pour 5714)	6.9	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
Sabouraud + 2-4-5 T Na purifié (0.006 Mol) + Corps X. à 0,1775 mg °/oo	4.9	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
	6.9	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
Sabouraud + Corps X. dilué de 1/2 (1 pour 11428)	4.9	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	
Sabouraud + Corps X. dilué de 1/2 (1 pour 11428)	6.9	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	
Sabouraud + 2-4-5-T Na purifié (0.006 Mol) + Corps X. dilué de 1/2 (1 pour 11428)	4.9	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	
	6.9	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	
Sabouraud + Corps X. dilué au 1/4 (1 pour 22.856)	4.9	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0			
Sabouraud + Corps X. dilué au 1/4										

Sabouraud + 2-4-5 T Na purifié (0.006 Mol) + Corps X. dilué au 1/4 (1 pour 22.856)	4.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
	6.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
Sabouraud + Corps X. dilué au 1/8 (1 pour 45.712)	4.9	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0*	2	2	1	3	3	3
Sabouraud + Corps X. dilué au 1/8 (1 pour 45.712)	6.9	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	4	4	4	4	4	4
Sabouraud + 2-4-5 T Na purifié (0.006 Mol)	4.9	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0
+ corps X. dilué au 1/8 (1 pour 45712)	6.9	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		1	1	3	3	3	3	3	3
Sabouraud + 2-4-5-T Na purifié (0.006 Mol)	4.9	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0													
+ Corps X. dilué au 1/10 (1 pour 57.000)	6.9	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1										

Évaluation de la croissance des cultures :

5. = croissance exubérante
4. = croissance abondante
3. = croissance médiocre
2. = croissance très médiocre
1. = croissance presque nulle
?. = croissance douteuse
0. = inhibition totale de la croissance

(*) Limite de la toxicité pour cet organisme

organisme résistant

Chaque chiffre correspond à un implantat.

Nous sommes ici au voisinage du seuil de toxicité : le cas de *Trichophyton gypseum granulosum* le démontre clairement, au pH 4,9, ce champignon est inhibé totalement, tandis qu'au pH 6,9 qui est plus favorable à la croissance, l'inhibition de croissance n'est que partielle et apparaît plutôt comme un retard dans le développement $\left(\text{Dilution au } \frac{1}{8}\right)$.

6) On ne peut parler de synergie entre l'impureté et le 2-4-5 T pur.

Le fait est évident par exemple dans les cas :

a) de *Candida albicans*. Le corps X dilué à la concentration de 1 pour 45.000 n'empêche pas la croissance de cet organisme dans le Sabouraud au pH 4,9 ou 6,9 ; l'addition de 2-4-5 T au même milieu n'a pas davantage d'action inhibitrice (nous savons déjà que le 2-4-5 T pur, même au pH 4,9, n'a guère d'influence toxique sur *Candida*).

b) de *Trichophyton gypseum granulosum*. Il y a addition d'action inhibitrice au pH 6,9 entre 2-4-5 T et l'impureté diluée à 1 pour 45.000.

c) de *Trichophyton gypseum astéroïdes*. Il y a addition de l'action inhibitrice au pH 4,9 et au pH 6,9 entre le 2-4-5 T et le corps dilué à 1 pour 45.000.

7) Nulle part nous n'enregistrons d'action antagoniste entre le 2-4-5 T pur et le corps isolé.

8) Nous nommerons provisoirement ce corps Trichlorex.

III. *Action bactéricide du corps isolé.*

A notre demande, le Prof. M. Welsch, Directeur du Centre de Recherches des antibiotiques de l'Université de Liège, a bien voulu procéder à un premier essai sur divers microorganismes de ses collections et notamment sur des acido-résistants. Le corps a inhibé toutes les cultures expérimentées à la dose de 100 γ par c. c. Un compte rendu détaillé de ces résultats sera donné ultérieurement.

D'autre part, en complément des essais que nous avons relatés, nous avons ouvert pendant 1 /4 d'heure dans un laboratoire très

contaminé, 5 boîtes de Pétri disposées comme d'après la Fig. 5, contenant : plusieurs témoins pH 4.9, pH 6.9 et le milieu Sabouraud additionné du corps X, pH 6.9. Toutes les boîtes de Pétri ont été ensuite mises en étuve biologique à 26° C.

4 jours après le début de l'expérience, les 5 boîtes soumises à la contamination du laboratoire présentaient l'aspect représenté dans la photo (fig. 5).

Les 4 boîtes témoin sont largement infectées, tandis que la boîte au pH 6,9 et contenant le corps X paraît absolument intacte ; aucun développement d'organismes n'y était perceptible. Quinze jours après, la boîte est toujours abiotique.

Il semble donc que les germes atmosphériques banaux soient totalement inhibés par le corps que nous avons isolé.

Conclusions.

1. — L'impureté, que nous avons décelée dans deux composés 2-4-5 T de fabrication différente possède un pouvoir fongicide et bactéricide considérable ; à la concentration de 1 pour 20.000 environ, elle empêche toute croissance chez de nombreuses espèces de Champignons pathogènes ; à celle de 1 pour 45.000 elle inhibe encore certaines d'entre elles.

2. — Son action toxique du corps se manifeste aussi bien au pH 4,9 qu'au pH 6,9.

3. — Elle ne comporte aucune action de synergie ni d'antagonisme avec le 2-4-5 T. pur.

4. — Des essais cliniques en cours étudient ses propriétés thérapeutiques.

Université de Liège.
Laboratoire de physiologie végétale
et Centre de Recherches des Hormones végétales
(IRSIA).

BIBLIOGRAPHIE

1. Åberg Börje, On auxin antagonists and synergists in root growth. *Physiologia Plantarum*, **3** : 447 ; 1950.
2. Åberg Börje, The interaction of some auxin antagonists and 2-4 D in root growth. *Physiologia Plantarum*, **4** : 627-640 ; 1951.
3. Hansen Berit, Impurities in Technical Methoxone and their influence on Plants. *Physiologia Plantarum*, **4** : 667-676 ; 1951.
4. R. Bouillenne et M. Bouillenne-Walrand. De l'influence des hormones végétales de synthèse sur la croissance de *Fusarium vasinfectum*. *Bull. Ac. Roy. Belg.* Cl. des Sci. **37**, 7 : 557 ; 1951.
5. R. Bouillenne et M. Bouillenne-Walrand, Action de certaines phytohormones d'application sur la croissance des Champignons inférieurs : *Trichophyton div. sp. Staphilococcus aureus, Sarcina lutea, Pseudomonas aeruginosa. Bull. Ac. Roy. Belg.*, Cl. des Sci. **37**, 7 : 567 : 1951.
6. R. Bouillenne et M. Bouillenne-Walrand. Influence du pH sur l'action inhibitrice des hormones végétales de synthèse dans la croissance de *Trichophyton* (div. sp.). *Bull. Soc. Roy. des Sci.*, Liège N° 11 : 617 ; 1951.
7. M. Bouillenne-Walrand. *Considérations et expériences sur les herbicides* 2-4 *D et homologues*. Med. Landbouwhogeschool en opzoekingsstations Gent 1950-XV 1.
8. Hamner, C. L. Lucas et Sell, The effect of different acidity levels on the herbicidal action of sodium salt of 2-4 dichlorophenoxyacetic acid. *Quart. Bull. Mich. Agric. Exp. Stat.*, **2** : 337 ; 1947.
9. Simon et Blackman, The significance of hydrogen-ion concentration in the study of toxicity. *Sympos. Soc. Exp. Biol.*, **3** : 253 ; 1949.
10. Simon, Roberts et Blackman G. E., Studies in the Principles of Toxicity III, The pH factor and the toxicity of 3 : 5 Dinitro o. Crisol, a weak acid. *Journ. Expér. Bot.* **3** (7) : 99-110 ; 1952.
11. R. Bouillenne, Études sur la perméabilité des cellules de « *Tradescantia Virginica* » et « *Allium Cepa* ». *Bull. Ac. Roy. Belge*, XVI, 8 ; 1930.
12. Simon E. W., Effect of pH on the biological activity of weak acids and bases. *Nature*, **166** : 343 ; 1950.
13. Van Overbeek J., Blondeau R. et Vesta Horne, Difference in activity between 2-4 D. and other auxins and its significance in herbicidal action. *Plant Physiology*, **26**, 4 : 687-696, 1951.
14. Froeschel, P., Onderzoekingen over de physiologie van de Kieming. I. Remstoffen. *Naturwt. Tijdschr.* **21** : 93-116 ; 1939.

15. M. Evenari, Germination inhibitors. *The Bot. Rev.* **15** (3) : 153-195 ; 1949.

16. Veldstra et Havinga., On the physiological activity of unsaturated lactones. *Enzymologia,* **11** : 373-380 ; 1943-1945.

17. Audus et Quastel, Coumarin as a selective phytocidal agent. *Nature,* **159** : 320-324 ; 1947.

18. K. V. Thimann et Walter D. Bonner J., Inhibition of plant growth bij protoanemonin... and Coumarin, and its prevention by Bal. *Proc. Nat. Acad. Sci.,* **35** (6) : 272-276 ; 1949.

19. Hamner, Sell, Klomparens et Vaughn, Selective inhibition of the growth of green plants and Fungi bij B. methyl-umbelliferone. *Bot. Gaz.,* **112** (1) : 135-137 ; 1950.

20. Davies et Sexton, Chemical constitution and fungistatic action of organic sulfur compounds. *Biochem. Journ.* **40** : 331-334 ; 1946.

21. Gordon R. M., Observations on the treatment of Scabies. *Brit. Med. Journ.,* **4248** : 685 ; 1942.

22. W. H. Tisdale et A. L. Plenner. Derivatives of dithiocarbamic acid as fungicides. *Contrib. Boy. Thomps. Inst.* **16** (7) : 393-313 ; 1951.

23. Jennings S., The treatment of mange bij tetraethylthiuram monosulfide. *Veter. Rec.* London W. C. J. N° 2823 ; 1942.

24. Miller Catherine et Elson William., Dithiocarbamic acid derivatives. I. The relation of chemical structure to in vitro antibacterial and antifungal activity against human pathogens. *Journ. Bact.* **57** : 47-54 ; 1949.

Extrait du Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège
N° 11 — 1952

Sur l'Importance, pour l'agriculture, de la pureté des hormones de synthèse et herbicides sélectifs

(Communication au IIIème Congrès de Phytopharmacie)
à Paris, du 15 au 21 septembre 1952.

par R. BOUILLENNE et M. BOUILLENNE-WALRAND

Les conclusions que nous proposons aujourd'hui sur l'importance des impuretés contenues dans les hormones de synthèse et les herbicides sélectifs, employés en qualité dite technique, dérivent d'une étude entreprise au Centre de Recherches des Hormones Végétales, de Liège. Le but de cette étude était le suivant:

Les propriétés inhibitrices ou toxiques que les hormones et herbicides manifestent vis-à-vis de la croissance des végétaux supérieurs peuvent-elles être utilisées pour détruire des végétaux inférieurs (Levures, Champignons, etc...) responsables de maladies chez les végétaux les animaux ou les hommes ? Quel est, dans les limites des concentrations habituellement employées (de 1 à 4 °/₀₀) le pH optimum d'action de ces produits ?

Les herbicides de synthèse sont des acides faibles.

On sait aujourd'hui que le pH du milieu a une action déterminante sur l'absorption des substances actives par les cellules vivantes. On est d'accord, notamment après les belles recherches de Hamner et all., de Blackman et son école, pour accepter que les molécules d'acides faibles pénètrent dans les cellules vivantes à l'état non dissocié.

Dans un rapport relatif à l'action du pH sur l'activité biologique des acides et bases faibles, Simon a montré que la concentration de molécules non dissociées d'un acide faible diminue considérablement à mesure que le pH s'élève.

Dès lors, la concentration totale nécessaire pour amener le

même effet phytotoxique varie selon le pH, dans des proportions considérables (de 1 à 100 et même à 1.000) pour certains organismes.

Nous approuvons entièrement cette manière de voir sur la base de recherches publiées en 1930-1933, concernant la pénétration dans le protoplasme cellulaire des substances dissoutes et le rôle qu'y joue l'état ionique des solutions.

Nous pouvons donc expliquer la diminution de l'activité fungicide des herbicides et en général de leur activité phytotoxique, en fonction de l'augmentation du pH, par la diminution des molécules non dissociées présentes et aptes à pénétrer dans les tissus.

* * *

Il est clair, que préalablement à toutes recherches concernant les variations de toxicité des herbicides en fonction du pH du milieu, il faut s'assurer qu'entre les limites de pH employées, l'organisme utilisé peut se développer sur un milieu témoin.

Dans notre étude (1952), sur de nombreux Champignons inférieurs, nous avons pu montrer, que pour une même concentration moléculaire de produits actifs (0.006 Mol), le degré d'action fungistatique ou fungicide est en fonction du pH du milieu.

Pour ces expériences (*), nous avons choisi comme milieu expérimental standard, du Sabouraud en concentration 0.006 *Mol* (soit 1 à 2 pour mille additionné de divers composés toxiques et amené pour chaque série d'observations à trois pH différents : 4.6 à 4.9, 5.6 à 5.9, 6.6. à 6. 9.

Ces trois pH différents sont obtenus par le mélange en proportions appropriées de deux milieux de Sabouraud préalablement préparés; l'un au pH 4.6, par addition de 50 cc. $^{o}/_{oo}$ de solution à 10 $^{o}/_{oo}$ d'acide acétique et l'autre, amené au pH 6.9 par addition de 0,600 gr. $^{o}/_{oo}$ de $Na_2 HPO_4$, 12 $H_2 O$.

Les corps actifs sont incorporés aux milieux qui, après vérifi-

(*) Sauf *Fusarium vasinfectum* cultivé sur milieu de Richard.

cation du pH, sont autoclavés, puis coulés en boîtes de Pétri (Pyrex) (**). Les plus fréquemment utilisés ont été :

A.I.A. : acide b indol-acétique.
A.I.P. : acide b indol-propionique.
2-4 D. : acide 2-4 dichlorophénoxyacétique.
2-5 D. : acide 2-5 dichlorophénoxyacétique.
2-3 D. : acide 2-3 dichlorophénoxyacétique.
2-4-5 T. : acide 2-4-5 trichlorophénoyacétique.

Ensuite, on repique dans chaque boîte, trois implantats d'une même souche en pleine activité de croissance. On place à l'étuve biologique à 27° pendant 10 à 15 jours. Après ce temps, la croissance est mesurée, les cultures sont tuées au formol et photographiées.

Les résultats d'intensité de croissance sont évalués au moyen de chiffres (ce qui simplifie les nécessités typographiques) :

5 : croissance exubérante.
4 : croissance bonne.
3 : croissance médiocre
2 : croissance très médiocre..
1 : croissance presque nulle.
? : douteux.
0 : inhibition totale de croissance.

Les résultats enregistrés ont montré qu'aux pH acides de 4.6 à 5.1, la plupart des organismes étudiés sont inhibés totalement ou partiellement, par les différentes hormones et herbicides.

En général, les acides indol-acétique, indol-propionique sont, à concentration moléculaire égale, moins actifs que les herbicides à base de 2-4 D. et 2-4-5 T. Certains organismes, comme *Cephalosporium*, *Sporotrichum Schenckii*, *Trichophyton Schoenleini*, sont particulièrement résistants à A. I. A.

Le tableau I. résume les réactions au pH 4.6 de la plupart des espèces cultivées sur milieux additionnés de produits actifs.

(**) Après refroidissement des milieux, les pH, dans les boites de Pétri, sont à nouveau vérifiés.

TABLEAU I

Limite des hormones au contact sur les différents organismes cultivés au pH 4.6 à 4.9

	A.I.A.	A.I.P.	2-4 D.	2-4-5 T. gm
Trichophyton gypseum granulosum	4	0	0	0
Trichophyton gypseum asteroïdes	0-2	0	0	0
Trichophyton gypseum acuminatum	2	0	0	0 (Paris
Trichophyton gypseum acuminatum	0	0	0	0 Baarn
Trichophyton rubrum	2	0	0	0
Trichophyton interdigitale	2	0	0	0
Trichophyton Schoenleini	2-4	0	0	0
Epidermophyton inguinale	0	0	0	0
Sporotrichum Schenckii	4	0	0	0
Scopulariopsis brivicaulis	?	0	?	0
Cephalosporium sp.	4	0	0	0
Microsporum felineum	0	0	?	0
Microsporum audouini	0	0	0	0
Nocardia africana	0	0	0	0
Nocardia asteroïdes	0	0	0	0
Cryptococcus neoformans	4	2	4	2
Candida albicans	2-4	2		2
Trichophyton 2 I.A ring worm humain prelevé sur malade au Congo-Belge)	2	0	0	0
Trichophyton 1 A dermatose bovine prelevé sur pus Congo-Belge	0	0	0	0

Au pH de 5.8, l'activité des différents produits est moins uniforme, moins prononcée et dépend de la nature du produit et de l'espèce des organismes. C'est donc à ces pH de 5.6 à 5.8 et pour une concentration de 0.005 Mol que se marque le mieux la spécificité réactionnelle des diverses espèces vis-à-vis des produits utilisés.

Au pH de 5.8 la plupart des organismes résistent. Tout au plus peut-on observer un certain retard dans la reprise de la croissance des implantats.

Deux organismes font face à ce comportement. *Cryptococcus neoformans* et *Candida albicans* résistent fort bien

aux concentrations 0,01 Mol d'ammoniaque ou d'hydrate pour une unité de pH.

Les mêmes essais effectués sur l'organisme vivant prouvent, sans aucun doute, que l'animal supporte des variations aussi importantes de réaction du milieu sanguin sans présenter d'ennuis. Nous avons pu maintenir pendant plusieurs jours le pH autour de pH 8 à 9, dans des conditions comparables à celles que l'on utilise dans la pratique de l'élevage ordinaire. Les résultats sont relativement peu différents de ceux obtenus précédemment pour des corps très différemment purs.

* * *

Nous allons maintenant montrer l'importance de l'état de pureté dans les essais thérapeutiques.

Ayant utilisé dans nos expériences de thérapeutique divers produits de notre technique et ayant plusieurs fois constaté des différences d'action, correspondant à celles des produits purs, nous avons expérimenté systématiquement l'effet de 2-4-5 T de la technique à propos d'infections de nos cultures de Trypanosomes.

Les résultats ont été toujours en rapport avec la pureté du corps : c'est que soit le pH entre 8,5 et 9,0, les 2-4-5 T. Ne se révèlent thérapeutiques susceptibles d'entraîner une guérison alors que les mêmes corps, mais en qualité chimiquement pure, se comportent comme non toxiques pour le pH compatible avec la survie de l'animal, c'est-à-dire voisin de la neutralité ou légèrement alcalin pH 8,0 à 8,2.

Cette influence utile de l'impureté par rapport aux 2-4-5 T. de la technique a été mise en évidence par la comparaison avec notre témoin pur et en suivant les deux lapins. Chez ceux-ci et l'expérience nous a montré que ce traitement pouvait aussi être fatal, c'est que soit le pH, étant artificiellement modifié par les concentrations 0,01 Mol de 2-4-5 T de la technique.

Le fait que nos produits agissent à la longue c'est pH dans notre but propre qu'ils contiennent une forte proportion

non encore décelée, un corps extrêmement toxique dont l'activité ionique est faible (peut-être des dérivés chlorés des phénols), beaucoup plus faible que celle des acides 2-4 D., 2-4-5 T qui sont eux déjà des acides faibles.

On ne pouvait guère envisager une synergie dûe à des mélanges d'acides actifs dans les produits techniques. Néanmoins, nous avons effectué des mélanges des corps purs 2-3 D, 2-4 D., 2-5 D., 2-4-5 T., 2-4-6. et les avons introduits dans nos milieux de culture aux trois zones de pH positifs. Ces mélanges ne peuvent donc être invoqués pour expliquer les qualités fongicides exceptionnelles de ces 2-4-5 T. Na techniques.

Nous avons conclu que ceux-ci contenaient une impureté active qui agissait soit en synergie avec le 2-4-5 T. pur, soit par son activité propre indépendante de ce dernier corps.

Nous avons purifié par les techniques ordinaires trois 2-4-5 T. Na techniques d'origines diverses et nous en avons extrait, entr'autres, une impureté, produit huileux, brun, à odeur fortement empyreumatique.

C'est à cette impureté qu'il faut attribuer l'extraordinaire comportement vis-à-vis du pH, de nos 2-4-5- T. Na techniques. On peut le montrer de plusieurs manières illustrées par la figure I. qui représente des cultures sur Sabouraud, de *Trichophyton interdigitale* :

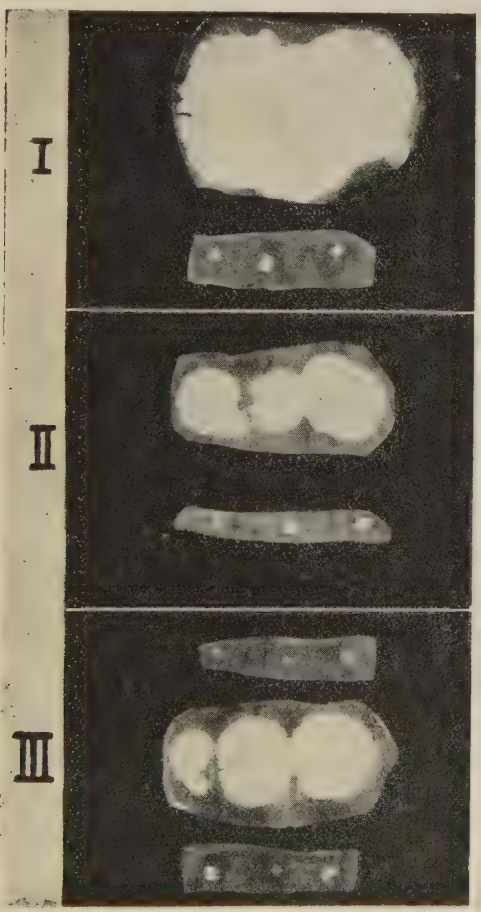
En I. *Trichophyton* est cultivé sur Sabouraud seul au pH 6.9. La croissance en quinze jours est normale, abondante, à filaments denses, blanc laiteux.

Si au milieu de Sabouraud, on ajoute l'impureté en quantité connue (0,1355 °/₀₀, qui est la concentration représentée dans une solution 0.006 Mol d'un 2-4-5 T. Na), il n'y a aucun développement; le produit est donc fungistatique et même fungicide car l'implantat remis sur Sabouraud ordinaire ne reprend aucune croissance.

En II. *Trichophyton* est cultivé toujours au pH 6.9 sur Sabouraud contenant un 2-4-5 T acide chimiquement pur. La croissance est plus faible que dans le témoin, mais néanmoins normale. Si, à ce même milieu : Sabouraud + 2-4-5 T. acide pur, on

FIG. I

Cultures de *Trichophyton interdigitale* montrant l'action de l'impureté extraite d'un 2-4-5 T. Na technique. Aspect après 15 jours.



I. Sabouraud seul au pH 6.9

idem plus impureté 0.1355 pour 1.000

II. Sabouraud contenant un 2-4-5 T acide chimiquement pur pH 6.9

idem plus impureté 0.1355 pour 1.000

III. Sabouraud contenant un 2-4-5 T Na technique à la concentration de 0.006 Mol.

Le même 2-4-5 T Na mais purifié par nous

Le 2-4-5 T Na purifié plus impureté réajoutée en même concentration que dans le produit brut

Photo : R. Sauveur.

ajoute l'impureté extraite à la concentration de 0,1355 °/₀₀, la croissance de *Trichophyton* est totalement inhibée comme en I.

On peut en conclure que, en présence de 2-4-5 T acide pur, l'impureté est aussi active que sur Sabouraud pur.

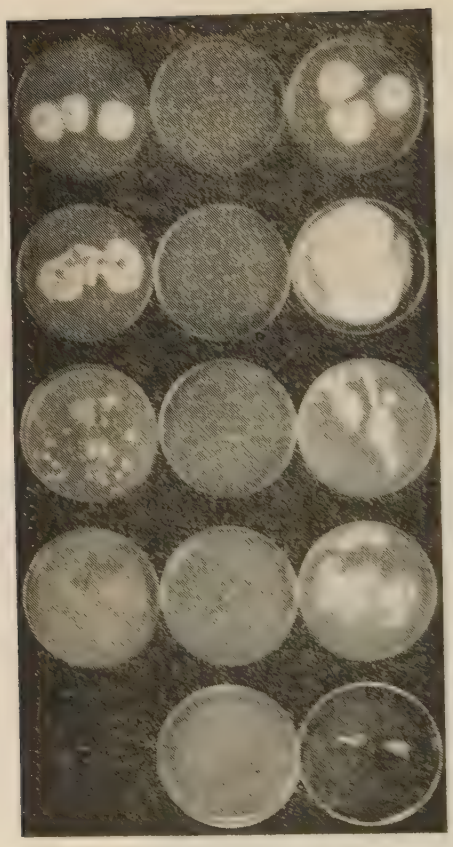


FIG. II
Photo R. Sauveur

Action de l'impureté ajouté au milieu de Sabouraud amené au pH 6,9 sur différents organismes.

1. *Epidermophyton inguinale*
2. *Tricophyton gypseum asteroides*
3. *Tricophyton gypseum granulosum*
4. *Scopulariopsis brevicaulis*
5. *Nocardia africana*

Pour chaque organisme
à gauche milieu témoin au pH 4,9
au centre milieu au pH 6,9 additionné de l'impureté à 0,1775 ‰
à droite milieu témoin au pH 6,9
Pour *Nocardia africana* le témoin au pH 4,9 manque

En III. Le 2-4-5 T. Na technique total à la concentration de 0.006 Mol inhibe totalement la croissance de *Trichophyton interdigitale.*

Si on le purifie et qu'on ajoute ce produit purifié au Sabouraud à la même concentration 0.006 Mol, il se comporte comme un 2-4-5 T pur ; la croissance de *Trichophyton interdigitale* est à peine retardée sur celle du témoin en I.

Enfin, si à ce 2-4-5 T Na purifié et inactif au pH 6.9, nous réajoutons l'impureté en même concentration que celle qui existe dans le produit brut, on voit réapparaître l'action fungistatique totale.

Cette expérience nous a permis de démontrer plusieurs points :

1) que nous avons réellement extrait l'impureté active du 2-4-5 T Na technique, puisqu'il restitue à ce dernier son extraordinaire activité fungistatique disparue par la purification ;

2) qu'ajouté à un autre 2-4-5 T. pur, il lui confère la même activité fongicide qu'au 2-4-5 T. technique dont il provient ;

3) que cette impureté est extrémement active par elle-même, puisque incorporée au milieu de Sabouraud à la concentration de 0.1355 $^{0}/_{00}$ (soit en poids dix fois moins que la dose de 2-4-5 T. Na dont il provient), il inhibe toute croissance de *Trichophyton interdigitale.*

Nous avons obtenu un résultat semblable avec toutes les souches de Champignons ou de Levures pathogènes que, nous avons cultivées, même *Candida albicans* et *Cryptococcus neoformans* sont totalement inhibés dans leur croissance, si on les cultive sur Sabouraud contenant l'impureté seule (en concentration 0,1355 $^{0}/_{00}$) ou associée au 2-4-5 T. sel sodique pur.

Les figures II., III. et IV. représentent quelques unes de nos cultures et constituent la vérification de l'expérience que nous venons de relater.

La figure II. reproduit l'aspect de cinq séries de cultures : 1) *Epidermophyton inguinale* 2) *Trichophyton gypseum asteroïdes* 3) *Trichophyton gypseum granulosum* 4) *Scopulariopsis brevi-*

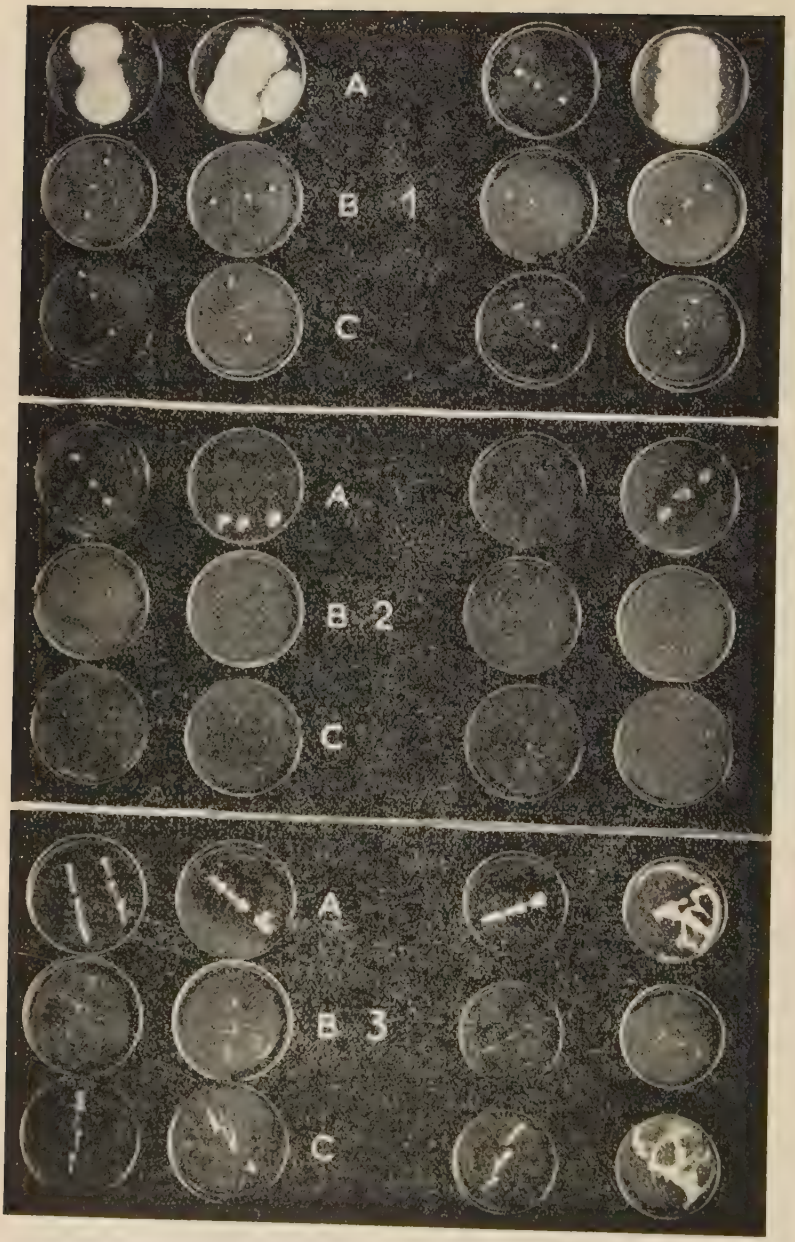


Photo R. Sauveur

FIG. III

Note explicative de la figure III, voire page 441.

caulis 5) *Nocardia africana*. Les exemplaires figurés à gauche et a droite ont été cultivés sur milieux témoin respectivement aux pH 4.9 et 6.9 (*Nocardia* au pH 4.9 pousse mal et ne figure pas sur la photo).

Les boîtes de Pétri figurant au centre contiennent le milieu Sabouraud au pH 6.9 additionné de l'impureté à la concentration de 0.1775 °/₀₀.

La masse de chaque implantat est bien visible et aucune croissance ne s'est manifestée. Les implantats ne se sont même pas fixés sur leur support gélosé.

La figure III. illustre un essai de dilution de l'impureté dans le milieu de culture : incorporée au milieu de Sabouraud seul, ou au milieu de Sabouraud contenant du 2-4-5 T pur (0.006 Mol) et quel que soit le pH 4.9 ou 6. 9,l'impureté isolée par nous empêche toute croissance (concentration comprise entre 1 pour 5.000 et 1 pour 25.000).

Aux dilutions voisines de 1 pour 40.000 (dilution 1 /8, certains organismes résistent : *Candida albicans, Scopulariopsis brevicaulis, Trichophyton gypseum granulosum et asteroïdes*; d'autres manifestent encore une inhibition partielle ou totale, de croissance : *Trichophyton Schoenleini et Trichophyton interdigitale.*

Enfin, la figure IV. reproduit un essai de fractionnement de l'impureté extraite. Par précipitations successives de l'acétone puis de l'éther, nous avons obtenu deux fractions, qui ont été incorporées au milieu de Sabouraud. Sur ces milieux, nous avons

---

Action de l'impureté ajoutée, en deux concentrations différentes, soit au milieu de Sabouraud, les deux séries verticales de gauche, soit au milieu de Sabouraud additionné préalablement de 2-4-5 T acide pur, les deux séries verticales de droite.

A gauche dans chaque série pH 4.9
A droite dans chaque série pH 6.9

Les trois organismes cultivés sont de bas en haut séparés par un trait blanc :

1. *Tricophyton interdigitale*; 2. *Tricophyton Schoenleini*; 3. *Candida albicans.*

Pour chaque organisme : A. Témoin; B. Addition de l'impureté 0,1775 °/₀₀; C. Addition de l'impureté 0,0222 °/₀₀.

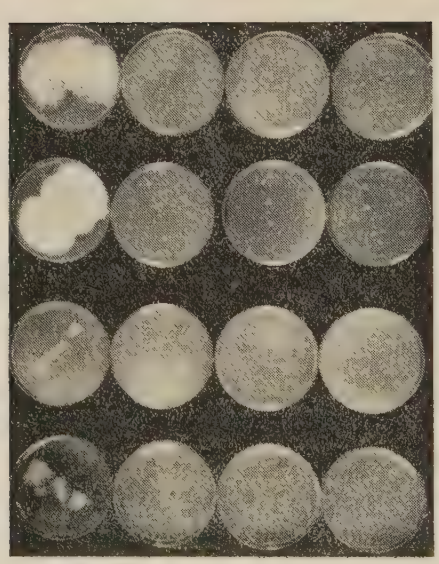


Photo R. Sauveur

FIG. IV

Cultures de champignons sur Sabouraud au pH 6.9.

De haut en bas : *Microsporum Duboisi, Tricophyton interdigitale, Candida albicans, Tricophyton Schoenleini.*

A gauche, les témoins, puis successivement de gauche à droite les cultures sur l'extrait brut éthéré, la fraction précipitée par l'acétone, la fraction soluble dans l'acétone.

cultivé quatre espèces. Les fractions éthérées et acétoniques ont une activité analogue à celle de l'extrait éthéré brut. Les cultures figurées sur chaque série horizontale représentent à gauche : le témoin au pH 6.9, ensuite les cultures sur extrait total, sur précipitation acétonique, sur le reste de la solution éthérée.

Enfin, l'action bactéricide de ce complexe non encore identifié a été bien marquée dans l'essai suivant; on a ouvert dans un laboratoire très contaminé des boîtes de Pétri contenant du Sabouraud mélangé ou non à l'impureté dont nous nous occupons. Toutes les boîtes ont ensuite été mises en étuve biologique à 26° C.

Quatre jours après le début de l'expérience, les cinq boîtes présentaient un aspect remarquable : les quatre boîtes témoins, deux au pH 4.9, deux au pH 6.9, sont largement infectées, tandis que la boîte au pH 6.9 et contenant le produit paraît absolument intacte; aucun développement d'organismes n'y était perceptible. Quinze jours après, la boîte était toujours abiotique.

Il semble donc que les germes atmosphériques banaux soient totalement inhibés par ce composé.

De plus, des essais effectués par le Professeur M. Welsch, Directeur du Centre des Antibiotiques de l'Université de Liège, sur un nombre considérable de Bactéries, notamment des acido-résistants, montrent que ce corps est un bactéricide total à la concentration de 1 pour 10.000 soit 100 γ par cc.

D'autres essais sur souris contaminées sont en cours à l'Université de Liège, nous n'en n'avons pas encore les résultats.

Nous n'avons pu encore, faute de temps et de produit, commencer l'analyse chimique de l'impureté.

* * *

Théoriquement, il résulte de ce court exposé que la présence de certaines impuretés non identifiées n'est pas sans importance, même en faible dose, dans les nombreux produits techniques lancés sur le marché des herbicides en quantités considérables.

L'impureté que nous avons isolée et dont l'activité fungicide et bactéricide est remarquable, nous oblige à soulever plusieurs problèmes. Il y a tout d'abord celui de la microflore du sol, qui disparaît ou résiste après application des herbicides dans le sol.

Il faut envisager plusieurs éventualités :

a) destruction dans le sol de certains organismes pathogènes des végétaux cultivés.

b) destruction de la microflore utile.

c) destruction de toute microflore, pathogène ou autre.

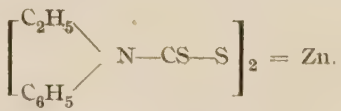
* * *

Il y a aussi le problème des activités plus ou moins grandes de mêmes produits herbicides mais d'origine différente. On peut supposer, en effet, que des impuretés du type de celle que nous avons isolée sont capables de déterminer sur les plantes supérieures, comme sur les microorganismes, des phénomènes inattendus et importants. Nous avons entrepris actuellement une telle étude.

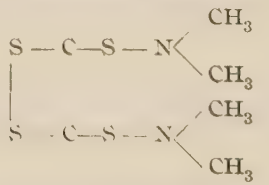
La conclusion immédiatement pratique, est que nous avons décelé dans la fabrication des 2-4-5 T. l'apparition d'un corps qui, seul ou associé au 2-4-5 T., peut se révéler très utile pour la thérapeutique antifungique, aussi bien chez les végétaux que chez les animaux et l'homme.

La lutte contre les maladies fungiques des végétaux fait l'objet dans le monde entier d'un programme organisé de recherches. Les ravages causés aux récoltes par les Champignons sont, rien qu'aux Etats-Unis, de l'ordre du billion de dollars. Le nº 17 des Contributions du Boyce Thompson Institute (vol. 7. — 1949.) est tout entier consacré à un Symposium sur les Fungicides. On y a beaucoup étudié les composés thiocarbamiques dont deux types particulièrement actifs sont préconisés pour la lutte antifungique en agriculture et même en thérapeutique humaine ou animale :

l'un l'éthylphényldithiocarbamate



l'autre le disulfure de tétraméthylthiuram



Mais, la plupart de ces fungicides, comme tous les dérivés sulfurés, causent de la dermatite, de l'irritation du nez, de la gorge, chez certains individus. De plus, ils sont très difficiles

à incorporer d'une manière homogène dans les milieux hydrophyles.

Le corps isolé par nous et que nous appellerons provisoirement «Trichlorex », ne présente aucun de ces inconvénients. Il convient donc d'en réaliser l'étude chimique, d'en déterminer les conditions de synthèse et de tenter d'obtenir, sur organismes infectés par des Champignons pathogènes, les mêmes résultats que ceux obtenus en boîtes de Pétri.

En résumé nous dirons que si la réaction du milieu (que ce milieu soit le sol ou un support artificiel) joue un rôle déterminant dans la réponse fournie par les végétaux aux hormones de synthèse et aux herbicides sélectifs, il importe également de considérer, tout au moins dans certains cas, le degré de pureté des corps chimiques utilisés.

Laboratoire de Phytochimie de
l'Université de Liège
et
Centre de Recherches des Hormones
Végétales (I. R. S. I. A.)

BIBLIOGRAPHIE

La bibliographie se rapportant aux expériences illustrant cette conférence figure dans les notes originales suivantes.

1) R. Bouillenne et M. Bouillenne-Walrand : Action de certaines phytohormones d'application sur la croissance des Champignons inférieurs : *Trichophyton div. sp., Staphilococcus aureus, Sarcina lutea, Pseudomonas aeruginosa. — Bull. Ac. Roy. Belg. Cl. des Sci. 37*(7) : 567-582, 1951.

2) R. Bouillenne et M. Bouillenne-Walrand : Influence du pH sur l'action inhibitrice des hormones végétales de synthèse dans la croissance de *Trichophyton* (div sp.) — *Bull. Soc. Roy. des Sci. Liège 11* : 617-633, 1951.

3) R. Bouillenne et M. Bouillenne-Walrand : Influence des impuretés contenues dans les hormones de synthèse (qualité technique) sur la croissance d'organismes végétaux inférieurs. — *Bull. Ac. Roy. Belg. Cl. des Sci. 38*(5) : 787-815; 1952.

14671 Centerlock

Extrait de **LEJEUNIA, Revue de Botanique.**
Tome 14, 1950, pp. 61 - 81.

ACTION D'HERBICIDES 2-4 D ET HOMOLOGUES SUR LE TALLAGE ET LE RENDEMENT DE CÉRÉALES

par

M. BOUILLENNE-WALRAND

Dans une précédente publication (1950) (1), sur la sensibilité différentielle à certains herbicides sélectifs, de diverses espèces de Dicotylées et de Monocotylées (Céréales), nous avons été amené à envisager l'importance de l'action du 2-4 D (et homologues) sur le tallage du Froment et de l'Avoine.

On a l'habitude de considérer le tallage, quand il se fait normalement, comme étant responsable de l'amélioration du rendement. Le tallage consistant dans la multiplication des tiges susceptibles de porter épis, implique non seulement la croissance des bourgeons à la base de la tige, mais aussi leur enracinement. Le tallage correspond à une période critique dans la vie des jeunes plantes.

Dans la présente note, nous avons cherché à savoir dans quelle mesure les céréales sont vulnérables aux herbicides sélectifs, lorsqu'elles sont à ce stade de grande utilisation de métabolites, quelle est l'action sur le tallage et la conséquence de cette action sur le rendement en grains.

Dans les essais réalisés en 1950, nous ne disposions pas encore de serre aménagée, nous avons dû expérimenter en plein champ, avec tous les aléas et causes d'erreur que comportent pareilles conditions expérimentales : sols hétérogènes, conditions climatiques changeantes, etc...

---

(1) M. BOUILLENNE-WALRAND. — Considérations et expériences sur les herbicides 2-4 D et homologues. 2me Symposium de Phytopharmacie, Gand 1949. Mededelingen van de Landbouwhogeschool en Opzoekingsstations van de Stadt te Gent, 1950, Deel XV, nº 1.

Les expériences sont faites au Jardin Botanique de l'Université de Liège dans un terrain préalablement labouré et ratissé. (2)

Des parcelles de 2 m. x 1,20 m. sont dessinées et ensemencées chacune avec le même nombre de grains de Froment ou d'Avoine préalablement pesés, soit 112 grains par parcelles.

Les variétés employées sont : Froment de sélection P. 134, origine Lot 3226 et Avoine Altesse, origine Lot 3230 livrées par la Société S. A. B. S. A. de Gembloux.

Voici à titre d'exemple les poids de lots de 112 grains qui ont été semés sur les parcelles d'essais :

TABLEAU I

Poids de 112 grains de Froment ou d'Avoine ayant servi aux différents semis

Numéro des lots	Froment de sélection P. 134 - Lot 3226	Avoine Altesse Lot 3230
1	5.500 gr	4.980 gr
2	5.540	4.950
3	5.600	4.950
4	5.261	5.100
5	5.640	4.910
6	5.650	5.140
7	5.700	5.090
8	5.701	5.040
9	5.720	5,040
10	5.738	4.900
11	5.792	4.950
12	5.849	4.930

Le poids des lots de 112 grains de Froment ou d'Avoine oscille : pour les premiers, entre 5 gr. 849 et 5 gr. 261, soit un écart maximum de 0,588 gr. ; pour les seconds, entre 5 gr. 140 et 4 gr. 900, soit un écart maximum de 0 gr. 240.

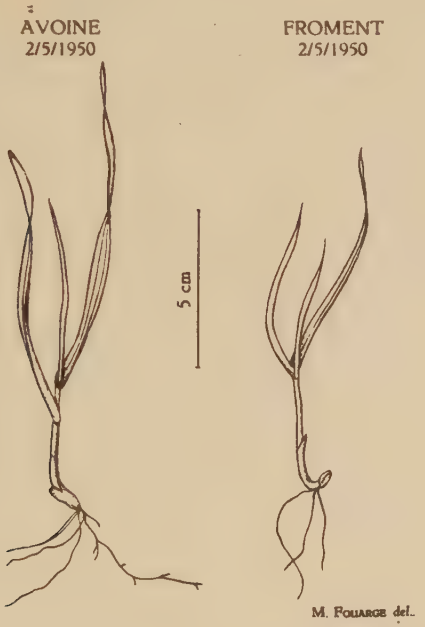
Les grains sont déposés dans les lignes à des distances égales (7 cm. environ) en utilisant des lattes percées de trous équidistants.

Remarque : Les jeunes plantules ont été, aux premiers jours de la germination, attaquées par les moineaux et les merles ; certaines parcelles ont ainsi perdu un assez grand nombre d'individus.

---

(2) Ces expériences ont été réalisées avec l'aide de M. FOUARGE, Dr. en Sciences, de l'I. R. S. I. A., de MM. SYLVESTRE et CAES, jardiniers.

Les différentes parcelles sont traitées aux herbicides lorsque les plantes ont respectivement 2-3 feuilles et 10 cm de hauteur. Aucune plante n'est morte après le traitement.



Aspect des plantules de Froment et d'Avoine au moment du traitement.

A. — EXPERIENCES SUR FROMENT SELECTIONNE

Herbicides employés.

2-4-5 T ou 2-4-5 trichlorophénoxyacétate de sodium.

2-4 D ou 2-4 dichlorophénoxyacétate de sodium.

Methoxon I ou acide 2 méthyl 4 chlorophénoxyacétique (produit anglais).

Ces deux premiers produits ont été employés aux concentrations de 2 et 4 gr. par litre, à la dose de 2 kg. et 4 kg. par hectare (avec une dispersion aqueuse de 1.000 litres à l'Hectare). Le Méthoxon a été employé à la dose unique de 2 kg./Hectare.

Chaque parcelle traitée a reçu 250 cc. de solution.

Semis.

Le semis a été fait le 30 mars 1950. Les plantules sont au stade voulu pour le traitement avant tallage environ un mois après le semis. Le traitement a lieu le 3 mai 1950.

Le dénombrement du tallage a été fait le 13 juillet, en comptant comme tiges uniquement les bourgeons axillaires enracinés.

En même temps, le tallage fertile était évalué, soit le nombre de tiges portant épis. Dans nos semis du 30 mars, tous les épis sont sortis des gaines à la date du 13 juillet et en voie de croissance rapide. Ce semis a été suivi jusqu'à la maturité, les plantes ont été récoltées le 4 août pour le Froment, le 10 août pour l'Avoine, et mises à sécher dans un grand local sec.

Ensuite, les épis ont été détachés, pesés et analysés.

Les résultats des différentes observations faites sur nos parcelles sont consignées dans le tableau analytique n° II dont nous tirerons les considérations suivantes :

1) Variation de l'intensité du tallage dans une même parcelle.

Le tallage va de 1 à 21, 31, 34 tiges par grain germé, aussi bien dans les parcelles traitées que dans le témoin, avec une irrégularité telle, dans la quantité des plantes présentant des nombres successifs de tiges, qu'il ne nous a pas été possible d'établir un diagramme de fréquence, tout au plus pouvons-nous conclure que le plus grand nombre de plantes comportent de 1 à 10 tiges. Il semble donc que le phénomène physiologique du tallage ne soit pas susceptible de sélection ou bien que les conditions non standardisées du milieu ont influencé différemment les plantules.

2) Tallage total des plantes traitées.

a) Dans *aucun* cas de traitement, il n'y a eu diminution de l'intensité du tallage ; même le 2-4 D à 4 °/₀₀ ou le 2-4-5 T, 4 °/₀₀ n'ont pas amené une diminution du phénomène, bien que dans certaines parcelles, les plantules aient manifesté tout de suite, après la vaporisation, les phénomènes habituels d'intoxication. Cependant, elles ont rapidement repris leur végétation, mais certaines parcelles traitées au 2-4 D et Methoxon I ont subi dans le développement et la maturation des épis un retard certain et net.

b) Il faut souligner un considérable accroissement du tallage dans les parcelles traitées au :

2-4-5 T	2 °/₀₀ :	Tallage : 1034	
2-4 D	2 °/₀₀ :	Tallage : 1055	Témoin 800
Methoxon I	2 °/₀₀ :	Tallage : 1214	

Errata : Tableau II ci-contre, ligne 3, 8me nombre : lire 18 et non 15.
ligne 18, 4me nombre : lire 36 et non 18.

Les différences + 234, + 255, + 414 sont assez significatives pour ne pas être attribuées à une variabilité naturelle des grains semés dans les différentes parcelles.

3) Tallage fertile.

Etudiant maintenant le tableau II, en ce qui concerne le nombre de tiges fertiles, c'est-à-dire portant épis, nous constatons certains faits que nous résumons dans le tableau ci-après (Tableau N° III).

TABLEAU III

Évaluation du tallage pour 100 grains de Froment germés

Sur 100 grains semés et germés	Nombre total de tiges	Nombre total de tiges fertiles	Tiges fertiles en °/o du tallage total	Plantes entièrement stériles
Témoin	800	719	90	1
2-4-5 T 2 °/oo	1034	836	80	0
4 °/oo	969	821	84	0
2-4D, sel sodique 2 °/oo	1055	667	63	4
4 °/oo	828	420	57	11
Méthoxon I 2,25 °/oo	1214	796	65	4

Le sel sodique du 2-4 D à la concentration de 4 °/oo et à la dose de 4 kg/Hectare réduit considérablement le nombre total de tiges portant inflorescence 420 au lieu de 719 chez le témoin et même provoque la stérilité totale chez un certain nombre de plantes : 11 %.

La concentration de 2 °/oo (2 kg./Hectare) le réduit dans des proportions beaucoup moindres : 667. La différence absolue d'avec le témoin 719 n'est pas significative bien que le pourcentage de tiges fertiles par rapport au nombre total de tiges (63) soit beaucoup plus bas que chez le témoin (90), la raison en étant le tallage total beaucoup plus considérable (1055) que chez le témoin (800). On enregistre aussi un certain nombre de stérilités totales.

Par contre, le 2-4-5 T et le Méthoxon I ont provoqué une augmentation considérable en valeur absolue, du nombre de tiges portant épis avec, cependant, un pourcentage par rapport au nombre total de tiges plus faible que celui des témoins. Le Méthoxon amène aussi la formation d'un certain nombre de plantes stériles.

L'interprétation de ces résultats peut être cherchée soit dans une action directe des hormones d'application sur le phénomène de floraison, soit dans le fait que les conditions physiologiques de la sexualisation, postérieures au traitement, se sont produites sur un plus grand nombre de jeunes pousses issues des activités méristématiques au moment du tallage.

L'activation ici enregistrée des phénomènes mitotiques, au moment du tallage est tout à fait conforme aux propriétés des herbicides sélectifs, à leur action sur les cellules et tissus végétaux.

Au point de vue pratique, il serait extrêmement intéressant de chercher, avec plus de précision que nous ne l'avons fait, les doses de 2-4-5 T, par exemple, qui, appliquées aux jeunes plantules de Froment, multiplieraient le nombre de tiges totales et fertiles par grain germé, et d'étudier les conditions de culture (engrais, etc.....) qui permettraient aux tiges portant épis de se développer avec un maximum de rendement. Ce serait là, nous semble-t-il, une nouvelle application, extrêmement profitable, du pouvoir activant des hormones d'application.

Dans ce domaine, tout est encore à faire. Jusqu'à présent, on a étudié le rendement par hectare de plantes traitées par rapport aux témoins et, à notre connaissance, on n'a pas fait la discrimination entre les deux influences des hormones d'application :

1) Amélioration du rendement par destruction des mauvaises herbes ;

2) Amélioration du rendement par action directe sur les céréales traitées.

Nous devons d'ailleurs remarquer que dans le domaine de l'action des hormones végétales, le point de vue pratique rendu urgent par les nécessités économiques résultant de la guerre a presqu'entièrement étouffé l'aspect purement scientifique de la question. L'emploi de divers corps synthétiques, dans les techniques horticoles et agricoles : désherbage, bouturage, parthénogenèse artificielle, chute des feuilles, des fruits, etc..... a été préconisé et vulgarisé à la suite d'essais agronomiques, si bien que l'on ignore encore presque tout de leur influence sur les processus physiologiques et biochimiques.

L'étude du fonctionnement de ces mécanismes et les conclusions qui en découleront permettront vraisemblablement d'entrevoir

encore d'autres applications utiles à l'économie agricole. Ces recherches doivent être entreprises sans tarder.

4) Rendement des parcelles de Froment semées le 30 mars et traitées le 6 mai.

L'augmentation du nombre de tiges portant épi n'implique pas nécessairement une augmentation du rendement. Les épis peuvent être stériles, plus petits, porter des grains mal formés, etc..... comme aussi peuvent fournir un rendement meilleur, selon la dose d'hormone d'application employée, selon l'espèce ou la variété envisagée et aussi selon les possibilités de nutrition qu'ils trouvent dans le sol (facteurs limitants).

De manière générale, les épis des plants que nous avons traités se sont développés sans déformation apparente ; certains Froments traités au 2-4 D, 4 °/₀₀, cependant, comportaient un nombre assez grand d'épis vides.

Les conditions météorologiques extrêmement défavorables de l'année 1950 ne nous ont pas permis de suivre d'une façon rigoureuse l'évolution des différentes parcelles. Deux tornades ont ravagé la plupart de nos parcelles d'expérience, beaucoup de plantes ont été couchées.

De plus, un envahissement de nos cultures par les moineaux nous a obligé à récolter trop tôt nos parcelles expérimentales, ce qui fait qu'un assez grand nombre d'épis, dans certaines parcelles, étaient encore loin de la maturité complète au moment de la récolte.

Nous n'avons donc pu, comme nous en avions l'intention, récolter au bon moment toutes les tiges en végétation et effectuer sur les épis portés par chacune d'elles, les mesures de poids et de volumes de grains. Nous avons, en conséquence, coupé dans chaque parcelle toutes les tiges des plantes dressées portant épis et qui avaient au moins 50 cm de hauteur.

On trouvera au tableau IV les différents renseignements et données que nous avons pu rassembler.

Dans les épis récoltés sur chaque parcelle, nous avons dénombré :

1) Les épis normaux arrivés à maturité ;

2) Les épis vides par avortement des organes sexués ;

3) Les épis attaqués par les moineaux et incomplets, et les épis encore verts.

C'est dans les parcelles traitées au 2-4 D, sel sodique et Methoxon I qu'il y a eu le plus de déchet, par suite du retard à la maturité.

TABLEAU IV

Froment 1950 Rendement en grains

***Semis* : 30 mars *Pulvérisation* : 3 mai *Récolte* : 10 août**

	Épis récoltés par parcelle	Épis vides	Épis vides en %	Épis normaux		Poids des graines de 100 épis, en gr	Poids et vol. de 1000 graines au 17 novembre 1950		Poids à l'Hl (kg)	Nombre de grains par épi
				Nombre	Poids en gr		en gr	en cc.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Témoin	413	2	1.5	132	124	94	36.5	50	73	25
2-4-5 T à 2 °/₀₀	552	13	2.3	105	89	84	35.5	49	72	24
2-4-5 T à 4 °/₀₀	359	13	3.6	68	67	98	39	52	75	25
2-4 D Na à 2 °/₀₀	227	6	2.6	28	15	53	29	41.5	71	18
2-4 D Na à 4 °/₀₀	137	12	8.8	14*	—	—	28	40	70	—
Méthoxon I.2°/₀₀	290	18	5.8	31	17	55	28	40	70	19

* Le nombre d'épis intacts dans cette parcelle est trop petit pour justifier un calcul de rendement.

Dans ces trois parcelles, les plantes étaient manifestement en retard sur les témoins et les plantes traitées au 2-4-5 T. Les grains récoltés dans les trois dernières parcelles considérées sont, après dessication, chiffonnés, ridés et ont un poids nettement inférieur à celui des témoins, ainsi qu'on peut s'en rendre compte par l'examen de la colonne 8 du Tableau IV qui donne le poids de 1.000 graines de chaque parcelle.

Il est probable que cette grande différence dans le poids des grains eût été atténuée si les plantes de ces trois dernières parcelles avaient été récoltées plus tard. La seule conclusion évidente de ces mesures, c'est que le 2-4-5 T à aucune des deux concentrations utilisées n'a retardé la maturité, ni altéré le poids des grains par rapport aux témoins. Le poids des graines par 100 épis récoltés sont très voisins pour les témoins et les plantes traitées au 2-4-5 T :

Témoin		94,0 gr.
2-4-5 T	2 °/₀₀	84,0 gr.
2-4-5 T	4 °/₀₀	98,0 gr.

tandis que les chiffres sont nettement inférieurs pour les autres traitements, 2-4 D, sel sodique et Methoxon I respectivement 53 et 55 gr.

Le pourcentage d'épis vides est, par rapport au témoin, légèrement plus élevé chez les plantes traitées au 2-4-5 T, 2 °/₀₀ et 4 °/₀₀, au 2-4 D, 2 °/₀₀, davantage encore chez les plantes traitées au 2-4 D, sel sodique 4 °/₀₀, et Methoxon I, 2 °/₀₀.

Les chiffres respectifs sont : 1,5 — 2,3 — 3,6 — 2,6 — 8,8 — 5,8 °/₀ du total d'épis récoltés dans les conditions précisées plus haut.

Enfin, le nombre de grains par **épi normal** ne présente pas de grandes variations :

Témoin : 25.
2-4-5 T, 2 et 4 °/₀₀ : 24 et 25.
2-4 D, 2 °/₀₀ : 18.
Methoxon I, 2 °/₀₀ : 19.

Si nous reprenons les chiffres du « Tallage fertile » pour 100 grains germés, obtenus au tableau II, que nous le diminuons du pourcentage d'épis vides que nous avons récoltés sur les différentes parcelles et que, au moyen des poids de grains pesés pour 100 épis récoltés, nous faisons le calcul du rendement pour 100 grains germés, en supposant que chaque tige fertile ne porte qu'un seul épi, nous obtiendrons alors les chiffres de rendement en poids pour 100 grains germés, indiqués dans la colonne 5 du tableau V.

Ces chiffres sont théoriques et peuvent ne pas correspondre à la valeur absolue du rendement de chaque parcelle.

Ils sont basés sur la supposition que toutes les tiges fructifères de toutes nos plantes se sont comportées, déduction faite des pourcentages d'épis vides relevés dans chaque parcelle, comme celles que nous avons pu récolter et qui portaient des épis normaux. Cette extension à la totalité des plants de chaque parcelle des rendements fournis par les tiges restées debout et portant des **épis intacts** et mûrs que nous avons pu récolter, constitue un raisonnement qui n'est pas inattaquable, mais il nous permet cependant une comparaison valable des rendements. des diverses parcelles.

En ce qui concerne le 2-4-5 T, ils expriment un fait très net : le 2-4-5 T aux concentrations et doses utilisées, appliqué à un **stade**

végétatif bien défini du Froment, et dans les conditions expérimentales précisées plus haut, tend à **augmenter** le rendement. Nous savons que dans les trois dernières parcelles, il y a eu un retard très net de maturation, auquel il faut attribuer une certaine partie du déficit de rendement exprimé par les chiffres de la colonne 5.

TABLEAU V

Rendement calculé pour 100 grains germés

Traitement	Tallage fertile pour 100 grains germés	Épis vides pour 100 épis récoltés	Épis vides pour 100 grains germés	Épis portant des grains	Rendement en grammes pour 100 grains germés
Témoin	719	1.5	1,5 × 7,19 = 10.78	708	94 × 7,08 = 665
2-4-5 T 2 kg/ha	836	2.3	2,3 × 8,36 = 19,22	817	84 × 8,17 = 686
2-4-5 T 4 kg/ha	821	3.6	3,6 × 8.21 = 29,56	791	98 × 7,91 = 775
2-4 D 2 kg/ha	667	2.6	2.6 × 6,67 = 17,34	650	53 × 6,5 = 344,5
2-4 D 4 kg/ha	420	8.8	8,8 × 4,20 = 36,96	384	———
Méthoxon I 2 kg/ha	796	5.8	5,8 × 7,96 = 46,17	750	55 × 7,5 = 412

Les résultats obtenus nous permettent de conclure :

1) La variabilité de tallage des grains de Froment, même sélectionnés, est extrêmement grande. Il est suggéré qu'une étude du phénomène physiologique du tallage soit entreprise.

2) Les herbicides 2-4-5 T sodique à la dose de 2 et 4 kg par Hectare, le 2-4 D sodique à la dose de 2 kg/Hectare, le Méthoxon I à 2 kg./Hectare, appliqués au stade deux à trois feuilles augmentent d'une manière significative le tallage total.

3 Le nombre d'**épis** comptés sur 100 grains germés est nettement **diminué** dans les parcelles traitées au 2-4 D sodique, 2 et 4 kg./Hectare.

4) Le Methoxon, 2 kg./Hectare, n'a pas d'influence significative, il n'amène ni plus, ni moins de tiges portant épis qu'il n'y en a dans les témoins.

5) Le 2-4-5 T, 2 et 4 kg./Hectare a augmenté le nombre d'épis par rapport au témoin.

6) Le 2-4 D et le Méthoxon ont provoqué un retard assez marqué dans la maturation des épis.

7) Le nombre de grains par épi moyen de chaque parcelle est sensiblement le même que celui des témoins.

* * *

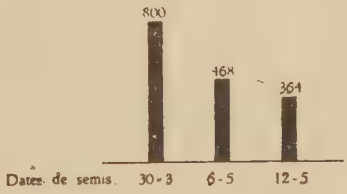
Observations supplémentaires sur le tallage, d'après la date du semis.

Nous avons, les 6 et 15 mai 1950, ensemencé des parcelles semblables à celles du semis de mars, et avec la même variété de Froment.

Tandis que les grains semés le 30 mars ont mis un mois à atteindre le stade deux feuilles, les grains semés au mois de mai ont atteint le même développement en dix jours.

Nous avons traité un certain nombre de ces parcelles, soit les 16 et 26 mai. L'évaluation du tallage a été faite le 13 juillet mais à la différence du semis de mars, les plantes de ces dernières parcelles bien qu'en voie d'épiaison, présentent encore de nombreux épis enveloppés dans les gaines.

Les résultats des évaluations de tallage total sont insérés au tableau VI qui reproduit également les chiffres de tallage du semis de mars.



Tallage des témoins d'après l'époque du semis
(Pour 100 grains germés)

Ainsi que nous l'avons déjà signalé, le stade deux feuilles est obtenu chez les semis du mois de mars en un mois, chez les semis des 6 et 16 mai, en dix jours. Cette énorme différence dans la vitesse de la première végétation a une répercussion considérable sur l'intensité du tallage. Il est beaucoup plus considérable chez les plantes issues des graines semées le 30 mars, ainsi qu'en témoignent les chiffres consignés au tableau V et le diagramme ci-dessus qui concerne uniquement les témoins non traités.

TABLEAU VI

Froment 1950. Comparaison du tallage total d'après l'époque des semis
Nombre de tiges pour 100 grains germés

		Semis : 30 mars Pulvérisation : 3 mai 2-3 feuilles		Semis : 6 mai Pulvérisation : 16 mai 2-3 feuilles		Semis : 15 mai Pulvérisation : 26 mai 2-3 feuilles	
			Différence avec le témoin		Différence avec le témoin		Différence avec le témoin
Témoins moyens		800		468		364	
2-4-5 T	1 °/₀₀					433	+ 69
2-4-5 T	2 °/₀₀	1034	+234			402	+ 38
2-4-5 T	4 °/₀₀	969	+169			354	— 10
2-4 D	1 °/₀₀			438	— 30		
2-4 D	2 °/₀₀	1055	+255	447	— 21		
2-4 D	4 °/₀₀	828	+ 28	439	— 29		
Méthoxon I	1,5°/₀₀			418	— 50		
Méthoxon I	2 °/₀₀	1214	+414	438	— 30		
Méthoxon II *	1,5°/₀₀			413	— 55		
Méthoxon II	2 °/₀₀			398	— 70		
Températures aux dates de traitement		Max. 17° C Min. 7° C		Max. 23° C Min. 6° C		Max. 22° C Min. 11° C	

* Le Méthoxon II est un produit de fabrication belge, similaire au Méthoxon I, produit anglais.

Cette diminution du pouvoir de taller subi par le Froment semé tardivement se manifeste aussi bien chez les plantes traitées que chez les témoins. Cette observation montre bien clairement :

1) Que les plantes semées tardivement ne possèdent qu'à un faible degré les capacités physiologiques impliquées dans ce phénomène.

Que l'application d'activants aussi puissants que les hormones est sans effet sur un organisme qui ne possède pas les facteurs internes nécessaires à l'accomplissement du phénomène considéré. Nous avons déjà démontré ailleurs (3) que ces mêmes activants sont sans action sur le phénomène de néoformation radiculaire si l'organe traité ne possède pas les facteurs internes qui contrôlent cette néoformation.

(3) R. et M. BOUILLENNE, Détermination des facteurs de la rhizogenèse. Bull. Classe des Sciences, Acad. Roy. de Belg., 5me sér., T. XXXIII, 1947-12, pp. 870-884.

B. — EXPERIENCES SUR L'AVOINE Altesse Origine Lot 3230

Herbicides employés : Les concentrations et doses sont les mêmes que pour le Froment (V. page 63).

Le Semis a été effectué le 30 mars comme pour le Froment et le traitement a eu lieu le 3 mai.

Le Sol sur lequel nous effectuons nos semis est malheureusement fort hétérogène : argile mélangée de déblais provenant d'anciens abris creusés à cet endroit pendant la guerre 1940-1945. Il s'ensuit que la germination est extrêmement irrégulière et l'aspect des plantules dès les premiers jours de germination est fort variable, les plus nombreuses germinations et les plus vigoureuses se trouvent dans les parcelles situées en dehors des déblais. Ces variations dues aux conditions expérimentales ne nous ont pas permis de tirer avec la rigueur voulue toutes les conclusions quant à l'amplitude des actions hormonales, néanmoins elles ont laissé apparaître certains résultats fort intéressants.

Les conclusions proposées en suite de cette expérience seront vérifiées par un essai exécuté dans des conditions strictement contrôlées.

Les traitements et analyses des tallages et rendements sont effectués dans les mêmes conditions que pour le froment.

Les résultats sont insérés au tableau analytique VII.

1) Variation de l'intensité du tallage.

Comme pour le Froment, la variabilité du tallage des grains germés dans une **même parcelle** est extrêmement grande et ne permet pas d'établir une courbe de fréquence homogène. Le tallage va de 2 à 21 tiges par grain germé avec le plus grand nombre compris entre 1 et 8 tiges.

De plus, pour les cinq parcelles témoins, le tallage total est très variable, dû à l'hétérogénéité du terrain. C'est pourquoi nous donnons au tableau les chiffres pour chacune des parcelles témoins.

2) Tallage total des plantes traitées.

A l'inverse de ce que nous avons constaté pour le froment, nous n'avons nulle part enregistré de différence considérable dans

le tallage total des parcelles traitées. Dans le tableau VIII on ramène à 100 grains germés les chiffres obtenus .

TABLEAU VIII

Tallage de 100 grains germés

Tallage total des Avoines traitées au :			Différences avec les témoins		
			Témoin moyen 658	Témoin maximum 810	Témoin minimum 550
2-4-5 T	2 kg/ha	538	— 120	— 272	— 12
	4 kg/ha	563	— 95	— 247	+ 13
2-4 D	2 kg/ha	608	— 50	— 202	+ 58
	4 kg/ha	573	— 85	— 237	+ 23
Méthoxon I,	2 kg/ha	563	— 95	— 247	+ 13

Cette homogénéité du tallage total dans les différentes parcelles traitées indique que les avoines réagissent de la même manière aux différents traitements.

Si on les compare au témoin moyen : 658, elles ont très peu réagi ; par rapport au témoin minimum elles n'ont pas réagi.

Ceci nous autorise à penser que pour la variété d'Avoine utilisée, les herbicides employés n'ont eu guère d'action sur le phénomène végétatif du tallage total. (4)

Tallage fertile.

Le tableau analytique des résultats du tallage fertile nous fournit des chiffres intéressants que nous reprenons ci-après. (Tableau IX).

Un seul corps, le 2-4-5 T, 4 °/₀₀ (4 kg/Hectare), a manifestement diminué l'épiaison et augmenté par rapport au témoin minimum le pourcentage de stérilité.

Le 2-4 D aux deux concentrations augmente le pourcentage de tiges portant épis et diminue dans des proportions considérables le pourcentage de plantes stériles.

---

(4) Nous avions déjà fait cette remarque l'année dernière avec une autre variété d'avoine. Cf. M. BOUILLENNE-WALRAND, Considérations et Expériences sur les Herbicides sélectifs 2-4 D et homologues. Deuxième Symposium de Phytopharmacie, Gand, 1949.

Le Méthoxon n'a guère eu d'influence et donne un pourcentage de stérilité comparable à celui des témoins.

TABLEAU IX

Évaluation du tallage fertile pour 100 grains d'Avoine semés et germés

Sur 100 grains semés et germés.		Nombre total de tiges	Nombre total de tiges fertiles	Tiges fertiles en p.c. du tallage total	Plantes entièrement stériles
Maximum		810	422	52	0
Témoin moyen		658	320	48	7.5
Minimum		550	243	41	15
2-4-5 T	2 kg/ha	538	252	46	11
	4 kg/ha	563	204	36	22
2-4 D	2 kg/ha	608	368	60	2,8
	4 kg/ha	573	406	71	0
Méthoxon I	2 kg/ha	563	293	52	13

Remarque : Le pourcentage de tiges fertiles est moins élevé chez l'Avoine que chez le Froment (48 % contre 90 %).

Nous avons remarqué au moment du dénombrement du tallage (17 juillet 1950) que les tiges portant épis sont entremêlées de tiges grêles stériles, beaucoup plus courtes, paraissant plus jeunes que les premières comme si le tallage s'était effectué en deux ou plusieurs fois.

Cette particularité de l'Avoine de présenter une seconde période de tallage nous permet d'envisager la possibilité d'agir sur des plantes déjà adultes et d'arriver, par un traitement judicieux, à augmenter le pourcentage de tiges fertiles, c'est-à-dire le rendement.

Rendement en grains des parcelles d'Avoine.

La récolte a lieu le 10 août.

Tous les panicules sont récoltés : il n'y en a pas de vides, certaines tiges portent plusieurs panicules.

Après séchage, battage des grains, on évalue la récolte en poids et volume. Les chiffres se rapportant aux diverses parcelles sont consignés au tableau X.

TABLEAU X

Rendement des parcelles d'AVOINE

(On utilise tous les panicules de toutes les tiges de chaque parcelle) *

	Récolte par parcelles			Poids des graines de 100 tiges	Poids de l'hectolitre en kg	Nombre de tiges portant panicule pour 100 grains germés	Poids total des grains récoltés	Rendement par rapport au poids de témoin en p.c.
	Nombre de tiges portant des épis	Poids des graines en gr	Volumes en cc					
Témoin 1	287	385	1000	134	38,5	422	134×4,22=565	
2	78	127	385	161	33	243	161×2,43=391	
3	217	370	1000	170	37	380	170×3,80=646	
4	144	270	780	187	35	240	187×2,40=448	
5	143	242	650	170	37	264	170×2,64=448	
Moyenne	174	279	763	164	36,1	310	164×3 =492	100
2 kg/ha 2-4-5 T	179	312	855	172	36,4	252	172×2,52=433	89
4 kg/ha	90	132	390	140	23,8	204	140×2 =280	57
2 kg/ha 2-4 D	265	458	1200	173	38	368	173×3,7 =640	130
4 kg/ha	321	493	1320	153	37	406	153×4 =612	124
Méthoxon I 2 kg/ha	223	353	1000	158	35,3	293	158×2,93=462	96

(*) Tous les panicules, quelle que soit leur taille, sont utilisés.

De ce tableau nous tirerons les considérations suivantes :

Rendement :

Le rendement moyen est assez faible, ce qui s'explique par la mauvaise qualité du terrain. Le poids à l'hectolitre de notre témoin moyen 36,1 (5) est très faible alors que les grains de semis avaient une densité de 65.

(5) LEGENDRE : Les Céréales. Densité de l'Avoine : minimum 33 kg Hectolitre ; maximum : 60 kg Hectolitre ; moyenne : 52 kg Hectolitre.

1.000 grains d'Avoine reçus pour le semis pèsent 36 gr.

1.000 grains d'Avoine récoltés des témoins pèsent en moyenne 24 gr.

Utilisant les chiffres des poids de grains récoltés dans les différentes parcelles et les ramenant pour comparaison des rendements, à 100 grains germés, on voit que le rendement des témoins est extrêmement variable, les parcelles 2, 3, 4 et 5 se trouvant par rapport au témoin I dans le mauvais terrain. Il nous paraît utile de donner le schéma de toutes les parcelles en y inscrivant les traitements et les rendements (Tableau XI).

TABLEAU XI

Témoin 3 Rendement 646 Densité 37	Témoin 2 Rendement 391 Densité 33	2-4-5 T 4°/oo Rendement 280 Densité 33,8	Témoin 1 Rendement 565 Densité 38,5
	Témoin 4 Rendement 448 Densité 35	2-4-5 T 2°/oo Rendement 433 Densité 36,4	2-4 D sod. 4°/oo Rendement 612 Densité 37
	Témoin 5 Rendement 448 Densité 37	Méthoxon 1 Rendement 462 Densité 35,3	2-4 D sod. 2°/oo Rendement 640 Densité 38

Malgré l'extrême hétérogénéité des témoins, nous pourrons tirer quelques conclusions :

Les plus forts rendements sont donnés par les parcelles traitées au 2-4 D et sont comparables à ceux du meilleur témoin.

On peut donc conclure au moins que le traitement au 2-4 D, sel sodique n'a pas eu d'influence néfaste et au plus qu'il a amélioré le rendement par rapport au témoin moyen.

Rappelons par ailleurs que dans nos essais de 1949, nous avions obtenu le même résultat avec une autre variété d'Avoine.

Le 2-4-5 T à 2 kg/Hectare donne par rapport au témoin immédiat enregistré, tellement inférieur à tous les témoins qu'on peut con-

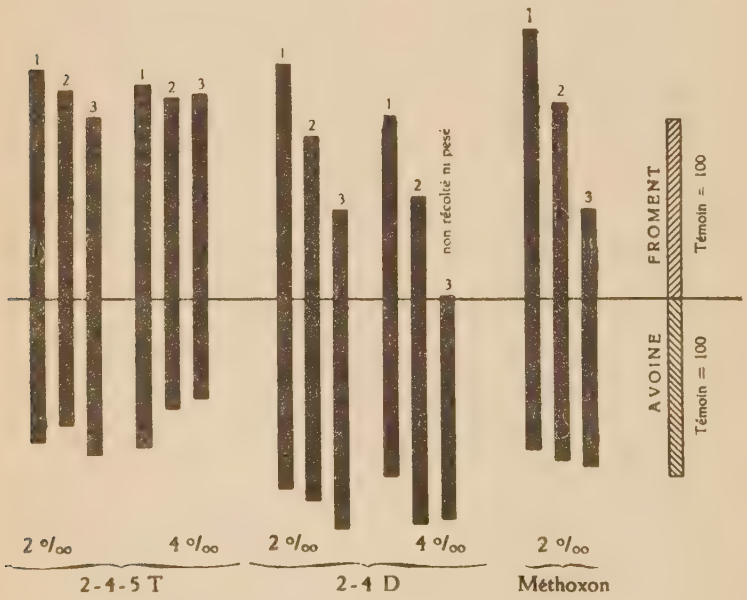
clure à une action néfaste du 2-4-5 T à fortes doses sur le rendement en Avoine.

Dans nos essais de 1949, c'est également le 2-4-5 T qui avait provoqué le rendement le plus bas pour les Avoines et nous avons signalé p. 65 que le 2-4-5 T est fortement inhibitif pour des germinations d'Avoine.

Le 2-4-5 T à 2 kg/Hectare donne par rapport au témoin immédiatement voisin (448) un rendement sensiblement comparable (433).

Le Méthoxon I à 2 kg./Hectare donne également un rendement très comparable à celui du témoin voisin et du témoin moyen.

On peut donc ici également conclure à une innocuité absolue de Méthoxon I (dose 2 kg./Hectare) en ce qui concerne le rendement de notre Avoine.



1 : Tallage total 2 : Tallage fertile
3 : Rendement en poids de grains de Froment et d'Avoine traités au stade jeune.

La densité respective des différents lots de grains récoltés confirme les précédentes conclusions : le 2-4-5 T (4 kg/Hectare) amène les grains à la plus faible densité 33,8 tandis que le 2-4 D

aux 2 concentrations donne des grains de densité égale à celle des témoins.

COMPARAISON DE L'ACTION DES HERBICIDES 2-4 D ET 2-4-5 T SUR LE FROMENT ET L'AVOINE

De la comparaison des actions respectives du 2-4 D et 2-4-5 T sur le tallage fertile et le rendement des Froment et Avoine étudiés, un fait intéressant se dégage (voir tableau récapitulatif XII et diagramme-bloc).

TABLEAU XII

RÉCAPITULATION

Tallage et Rendement par rapport à 100 grains germés des FROMENT et AVOINE traités au stade prétallage

	TALLAGE						RENDEMENT	
	FROMENT			AVOINE			Poids total de grains récoltés, en gr	
	Tallage total	Tallage fertile	Plantes entièrement stériles	Tallage total	Tallage fertile	Plantes entièrement stériles	FROMENT	AVOINE
Témoin 1				800	422 (52%)	0		565
2				550	243 (44%)	15		391
3				649	380 (58%)	2		646
4				568	240 (42%)	13		448
5				642	264 (41%)	9		448
Moyenne	800	719 (90%)	1,2	658	320 (48%)	7,5	665	492
2 kg	1034	836 (80%)	0	538	232 (43%)	11	686	433
2-4-5 T 4 kg	969	821 (84%)	0	563	204 (36%)	22	775	280
2 kg	1055	667 (63%)	4	608	368 (60%)	2,8	344,5	640
2-4 D 4 kg	828	420 (50,7%)	11	573	406 (71%)	0	—	612
Méthoxon I 2 gk	1214	796 (65%)	4	563	293 (52%)	13	333	462

Le Froment et l'Avoine traités au stade prétallage par les herbicides mentionnés se comportent de façon fort différente.

Nous enregistrons ici un cas bien typique de la diversité d'action des herbicides sélectifs selon les espèces étudiées, c'est-à-dire selon le contenu biochimique des cellules traitées.

De tels résultats montrent clairement que le **choix** de l'herbicide est extrêmement important pour l'économie agricole et qu'il importe de faire, surtout à l'heure actuelle, où l'emploi des herbicides se généralise, des essais rigoureux sur les divers produits proposés par les industries chimiques.

Il n'est pas douteux qu'en étudiant attentivement l'action de ces corps sur la physiologie elle-même des plantes et particulièrement des céréales, on arrivera à sélectionner des races ou variétés qui réagiront à certaines substances de croissance, de manière à accroître les **rendements**, ceci en dehors de l'action indirecte due à la disparition des mauvaises herbes.

CONCLUSIONS

1) Le Froment de printemps, origine Lot 3226, Sélection p. 134 traité au stade très jeune (prétallage) par du 2-4 D et du 2-4-5 T aux doses de 2 kg. et 4 kg. par hectare, par du Méthoxon à la dose de 2 kg. par hectare, ne présente un déficit de tallage total dans aucune parcelle traitée.

2) Le tallage fertile total est diminué (par rapport au témoin) dans les parcelles traitées au 2-4 D, sel sodique.

Le Méthoxon et le 2-4-5 T n'ont pas diminué l'épiaison.

3) Le rendement en grain (poids de grains récoltés pour 100 grains germés est fortement diminué dans les parcelles traitées au 2-4 D et au Méthoxon.

Par contre, il est nettement amélioré dans les parcelles traitées au 2-4-5 T ; ce résultat confirmant des observations faites antérieurement.

Il est suggéré d'étudier plus particulièrement l'action de ce corps.

4) L'Avoine, variété Altesse, origine Lot 3230 de Gembloux, traitée comme le Froment au stade prétallage donne des résultats tout différents.

Le 2-4-5 T aux deux concentrations provoque une diminution nette du tallage fertile, tandis que le 2-4 D n'est pas inhibiteur de l'épiaison.

5) Le rendement en grains est nettement inférieur dans les parcelles traitées au 2-4-5 T tandis que le 2-4 D, sel sodique et le Méthoxon ne paraissent pas nuire à la récolte.

Ces résultats demandent une vérification à grande échelle.

UNIVERSITE DE LIEGE
Institut de Botanique
Centre de Recherche des Hormones végétales (I. R. S. I. A.)

TABLEAU

FROMENT. - Tall

Semis du 30 mars 1950 — Pulvérisation du 3 mai 195

Nombre de tiges qu'on peut compter par grain germé	Témoin				2-4-5 T 2 °/oo				2-4-5 T 4 °/oo			
	Tallage total		Tallage fertile		Tallage total		Tallage fertile		Tallage total		Tallage fertile	
A	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	
1	5	5	5	5	—	—	4	4	1	1	3	
2	4	8	5	10	6	12	8	16	4	8	3	
3	7	21	7	21	3	9	6	15	2	6	3	
4	5	20	6	24	9	36	8	32	—	—	—	
5	7	35	7	35	6	30	6	30	4	20	7	
6	8	48	9	54	—	—	5	30	4	24	6	
7	7	49	7	49	6	42	6	42	3	21	2	
8	1	8	6	48	13	104	13	104	4	32	3	
9	5	45	6	54	8	72	5	45	5	45	3	
10	11	110	8	80	3	30	6	60	2	20	3	
11	6	66	3	33	11	121	9	99	4	44	4	
12	3	36	3	36	6	72	4	48	2	24	1	
13	3	39	1	13	1	13	3	39	—	—	1	
14	—	—	2	28	4	56	6	84	2	28	2	
15	4	60	3	45	6	90	1	15	1	15	—	
16	3	48	1	16	2	32	2	32	1	16	1	
17	1	17	—	—	3	51	3	51	2	34	2	
18	—	—	1	18	2	18	1	18	1	18	—	
19	—	—	—	—	2	38	1	19	2	38	1	
20	1	20	—	—	1	20	—	—	—	—	—	
21	1	21	1	21	1	21	—	—	1	21	—	
22	—	—	—	—	3	66	—	—	—	—	—	
23	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
24	—	—	—	—	1	24	—	—	—	—	—	
25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	
31	—	—	—	—	—	—	—	—	1	31	—	
32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
34	—	—	—	—	—	—	1	34	—	—	—	
35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
39	—	—	—	—	1	39	—	—	—	—	—	
Totaux	82	656	81	590	98	1014	98	820	46	446	46	3
Pour 100 grains	100	800	100	719		1034		836		969		8
Tiges fertiles en p.c. du tallage total				90				80				
Touffes entièrement stériles en p.c.		1,2				0				0		

feuilles) Vérification le 17 juillet

sel sod. 2 °/₀₀			2-4 D sel sod. 4 °/₀₀				Méthoxone I 2 °/₀₀			
ge l	Tallage fertile		Tallage total		Tallage fertile		Tallage total		Tallage fertile	
II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
2	4	4	4	4	6	6	1	1	3	3
6	5	10	1	2	2	4	2	4	2	4
6	5	15	2	6	3	9	2	6	6	18
16	1	4	2	8	5	20	4	16	3	12
10	6	30	2	10	2	10	—	—	5	25
—	3	18	1	6	4	24	2	12	3	18
21	2	14	3	21	3	21	4	28	4	28
24	2	16	2	16	3	24	3	24	5	40
18	3	27	3	27	1	9	4	36	7	63
60	2	20	2	20	2	20	7	70	3	30
11	—	—	2	22	—	—	5	55	2	22
12	1	12	6	72	—	—	1	12	2	24
—	—	—	2	26	—	—	3	39	—	—
28	2	28	—	—	—	—	2	28	1	14
—	1	15	1	15	—	—	1	15	2	30
48	—	—	—	—	—	—	2	32	—	—
—	1	17	1	17	—	—	2	34	—	—
36	—	—	1	18	—	—	1	18	1	18
19	3	57	—	—	—	—	1	19	3	57
40	—	—	—	—	—	—	2	40	2	40
—	—	—	—	—	—	—	2	42	—	—
22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
23	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25	—	—	—	—	—	—	1	25	—	—
—	—	—	—	—	—	—	1	26	—	—
27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	1	31	—	—
—	—	—	—	—	—	—	1	32	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	1	35	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
454	41	287	35	290	31	147	56	680	54	446
055		667		828		420		1214		796
		63				57				65
4				11				4		

Colonne I.

Nombre de touffes ou plantes possédant le nombre de tiges indiqué dans la colonne de gauche **A**.

Colonne II.

Tallage total des touffes, indiqué par le nombre correspondant de la colonne I multiplié par le nombre de la colonne **A**.

Colonne III.

Tallage fertile ; nombre de touffes possédant en tiges fertiles les nombres correspondants de la colonne **A**.

Colonne IV.

Tallage fertile total, indiqué par le nombre correspondant de la colonne III multiplié par le nombre de la colonne **A**.

Les chiffres figurant au bas de la colonne I de chaque série, à la rubrique « Totaux » représentent le nombre de plantes existant dans chaque parcelle au moment du traitement.

Semis du 30 mars 1950 Pulvérisat

Nombre de tiges qu'on peut compter par grain germé	Témoin 1				Témoin 2				Témoin 3				Témoin 4				Tém	
	Tallage total		Tallage fertile		Tallage total		Tallage fertile		Tallage total		Tallage fertile		Tallage total		Tallage fertile		Tallage total	
A	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II
1	1	1	10	10	6	6	11	11	4	4	8	8	3	3	11	11	3	3
2	4	8	7	14	3	6	4	8	7	14	12	24	11	22	20	40	4	8
3	4	12	10	30	3	9	3	9	3	9	6	18	9	27	7	21	5	15
4	4	16	16	64	—	—	2	8	2	8	11	44	8	32	8	32	8	32
5	3	15	5	25	5	25	2	10	11	55	5	25	7	35	2	10	4	20
6	6	36	7	42	4	24	3	18	6	36	5	30	6	36	2	12	3	18
7	6	42	7	49	1	7	2	14	4	28	5	35	—	—	—	—	3	21
8	12	96	1	8	2	16	—	—	4	32	3	24	6	48	1	8	10	80
9	8	72	5	45	2	18	—	—	4	36	1	9	3	27	—	—	2	18
10	4	40	—	—	4	40	—	—	3	30	—	—	1	10	1	10	5	50
11	4	44	—	—	—	—	—	—	2	22	—	—	2	22	—	—	4	44
12	6	72	—	—	1	12	—	—	2	24	—	—	—	—	—	—	2	24
13	1	13	—	—	1	13	—	—	1	13	—	—	—	—	—	—	—	—
14	1	14	—	—	—	—	—	—	2	28	—	—	1	14	—	—	1	14
15	1	15	—	—	—	—	—	—	1	15	—	—	—	—	—	—	—	—
16	—	—	—	—	—	—	—	—	1	16	—	—	—	—	—	—	—	—
17	2	34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	19	—	—	—	—
20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21	1	21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	21	—	—	—	—
22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
23	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	25	—	—	—	—
27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Totaux	68 551		68 287		32 176		27 78		57 370		56 217		60 341		52 144		54 347	
Pour 100 grains	810		422		550		243		649		380		568		240		642	
Tiges fertiles en p.c.			52				44				58				42			
Touffes stériles en p.c.	0				15				2				13				9	

Colonne I.

Nombre de touffes ou plantes possédant le nombre de tiges indiqué dans la colonne de gauche **A**.

Colonne II.

Tallage total des touffes, indiqué nombre correspondant de la co multiplié par le nombre de la col

LEAU VII

– Tallage 1950

mai 1950 (2 et 3 feuilles) Vérification le 17 juillet

Témoin moyen				2-4-5 T 2 °/₀₀				2-4-5 T 4 °/₀₀				2-4 D 2 °/₀₀				2-4 D 4 °/₀₀				Méth. I 2,25 °/			
Tallage total		Tallage fertile		Tallage total		Tallage fertile		Tallage total		Tallage fertile		Tallage total		Tallage fertile		Tallage total		Tallage fertile		Tallage total		Tallage fertile	
I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
—	—	—	—	7	7	20	20	7	7	16	16	2	2	8	8	2	2	5	5	3	3	12	12
—	—	—	—	6	12	13	26	8	16	5	10	5	10	11	22	5	10	12	24	8	16	11	22
—	—	—	—	7	21	9	27	4	12	2	6	11	33	18	59	8	24	16	48	8	24	13	39
—	—	—	—	11	44	11	44	3	12	5	20	8	32	12	48	12	48	22	88	16	64	15	60
—	—	—	—	10	50	4	20	5	25	1	5	8	40	6	30	15	75	10	50	11	55	7	35
—	—	—	—	10	60	3	18	3	18	2	12	10	60	7	42	14	84	5	30	8	48	4	24
—	—	—	—	3	21	2	14	1	7	3	21	12	84	6	42	3	21	2	14	7	49	1	7
—	—	—	—	7	56	—	—	4	32	—	—	7	56	1	8	4	32	3	24	1	8	3	24
—	—	—	—	2	18	—	—	—	—	—	—	3	27	—	—	9	81	2	18	5	45	—	—
—	—	—	—	2	20	1	10	1	10	—	—	—	—	—	—	5	50	2	20	—	—	—	—
—	—	—	—	3	33	—	—	1	11	—	—	1	11	1	11	1	11	—	—	4	44	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	3	36	—	—	2	24	—	—	—	—	—	—	2	24	—	—
—	—	—	—	2	26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	1	14	—	—	1	14	—	—	1	14	—	—	—	—	—	—	1	14	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	2	30	—	—	—	—	—	—	1	15	—	—	1	15	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	1	18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	19	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
54	357	174																					
271	1785	869		71 382		63 179		44 248		34 90		72 438		70 265		79 453		79 321		76 428		66 223	
658		320		538		252		563		204		608		368		573		406		563		293	
		48				46				36				60				71				52	
7,5				11				22				2,8				0				13			

Colonne III.

Tallage fertile ; nombre de touffes possédant en tiges fertiles les nombres correspondants de la colonne **A.**

Colonne IV.

Tallage fertile total, indiqué par le nombre correspondant de la colonne III multiplié par le nombre de la colonne **A.**

MODIFICATION DE LA FORME DE LA PREMIÈRE FEUILLE CHEZ LE FRAISIER

par **C. SIRONVAL**

Docteur en Sciences ; Chef de Travaux à l'Université de Liége.

De nombreuses observations réalisées plusieurs années durant (1947-1951) ont montré que, chez le Fraisier des quatre-saisons à fruits rouges, la forme de la première feuille est remarquablement constante. Tous les individus sans exception présentent un limbe monofolié découpé par 5 dents distribuées selon la fig. 2*b*, quelles que soient les conditions dans lesquelles la germination s'est effectuée. Au moment du semis et pendant la levée, ni la longueur du jour, ni l'obscurité totale, ni la température plus ou moins élevée, ni le degré d'humidité de l'air ou du sol, ne sont capables d'affecter, en quoi que ce soit, la forme de la première feuille. Cette feuille contraste étrangement avec les suivantes, dont l'aspect peut varier en rapport avec certains facteurs du milieu, en particulier avec la longueur du jour.

On pourrait être tenté d'interpréter la façon d'être si particulière de la première feuille en se référant à certains faits d'après lesquels la forme d'un limbe donné dépend non du traitement qu'il reçoit lui-même, mais plutôt du traitement appliqué sur les quelques limbes adultes insérés plus bas le long de la tige (1). Il paraît en effet, à première vue, bien difficile de trouver, — les cotylédons mis à part —, des limbes précédant la première feuille et susceptibles d'en déterminer la forme.

Ainsi, une conclusion nait, apparemment naturelle, selon laquelle la stabilité de forme de la première feuille serait en quelque sorte nécessaire, parce qu'elle dépendrait uniquement des qualités génétiquement déposées dans l'œuf fécondé. L'examen des circonstances dans lesquelles la première ébauche foliaire se constitue permet de mettre cette conclusion à l'épreuve.

(1) Voir à cet égard HARDER R. : « Vegetative and reproductive development of Kalanchoe blossfeldiana as influenced by photoperiodism » dans : Growth in relation to differentiation and morphogenesis, *Cambridge : at the University Press.* 1948 ; et pour le Fraisier, SIRONVAL, C. : « Recherches organographiques et physiologiques sur le développement du Fraisier des quatre-saisons à fruits rouges ». *Mém. Ac. Roy. Belg., Cl. Sc.*, T. XXVI fasc. 4.

Bulletin de la Société Royale de Botanique de Belgique, Tome 84, p. 275 (mai 1952). — Communication présentée à la séance du 2 décembre 1951.

Des coupes anatomiques montrent que l'embryon contenu dans le fruit mûr comprend, dans tous les cas, l'ébauche de la première feuille, qui se présente comme un dôme faisant saillie à côté du méristème lui-même (fig. I). Déjà bien avant la maturité du fruit, au moment où la graine est encore largement en contact avec la plante-mère par les tissus du réceptacle, l'ébauche existe. Elle n'évolue pas au delà du stade en dôme et conserve cet aspect jusqu'au moment du semis.

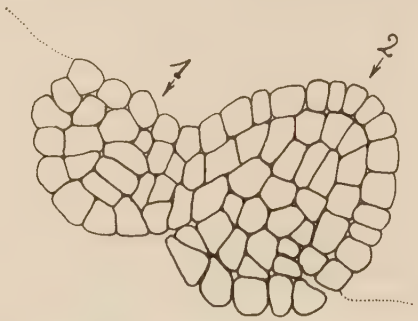


Fig. 1. Coupe longitudinale dans le méristème de tige d'un embryon. On distingue ce méristème en (1), et en (2), l'ébauche de la première feuille.

La considération de ce fait nous a suggéré des essais tendant à modifier la forme de la première feuille en agissant sur les conditions du milieu qui touchent la plante-mère au moment où l'ébauche de cette feuille s'élabore dans l'embryon.

L'expérience est rendue possible du fait qu'une fois sexué, le Fraisier des quatre-saisons continue à fleurir et à donner des fruits parfaitement constitués en 8 h., comme en 16 h. de jour (1).

Nous avons décidé d'opérer comme suit : des fraisiers sont semés en même temps, au mois de mai et élevés dans les conditions de la culture normale jusqu'à la floraison en août-septembre. Ils hivernent. Au printemps suivant, on fait deux séries : une série subit des jours normaux de plus de 15 h. ; l'autre, des jours courts de 8 h. Cinq mois plus tard, en août-septembre, on prélève les fraises dans les deux séries. Les graines (2) sont semées en même temps, au printemps suivant (1er mai).

On fait alors 4 séries :

a. — Graines récoltées en jours normaux ; semées en jours normaux (de plus de 15 h.).
b. — Graines récoltées en jours normaux ; semées en jours courts (de 8 h.).
c. — Graines récoltées en jours courts ; semées en jours normaux (de plus de 15 h.).
d. — Graines récoltées en jours courts ; semées en jours courts (de 8 h.).

(1) Voir Sironval, *loc. cit.*

(2) En réalité, chez le fraisier, cette appellation est impropre, mais elle est d'usage courant dans la littérature. On devrait dire : les fruits.

Nous avons répété deux fois l'expérience sur la variété de Fraisiers des quatre-saisons à fruits rouges, en 1949-50 et en 1950-51, chaque fois avec les mêmes récultats.

* * *

On constate d'abord que les graines lèvent plus ou moins rapidement selon les séries.

Les graines récoltées sur une plante-mère cultivée en jours normaux sont très défavorisées par la culture en jours courts. Par contre, les graines récoltées sur une plante-mère cultivée en jours courts, sont beaucoup moins défavorisées par cette culture et elles germent aussi facilement en jours courts qu'en jours normaux. (1)

Ainsi la germination la plus rapide dans les semis cultivés en jours normaux s'observe chez les graines récoltées en jours normaux ; tandis qu'en jours courts, elle s'observe chez les graines récoltées en jours courts (Tabl. I).

TABLEAU I

Nombre de plantules dont les cotylédons s'étalent 11 jours après le semis.

(Nombre de graines semées dans chaque série : 70 graines)

	Graines récoltées en jours courts	Graines récoltées en jours normaux
plantules cultivées en jours courts	20	12
plantules cultivées en jours normaux	26	37

Il y a dans ce fait une sorte d'adaptation des graines aux conditions dans lesquelles la plante-mère leur a donné naissance. *Les graines obtenues en jours courts ont des propriétés particulières et réagissent aux conditions du semis autrement que les graines obtenues en jours normaux.*

Mais parmi les propriétés des graines obtenues en jours courts de 8 h., la plus constante et la plus typique concerne la forme de la première feuille de la plantule. Quelles que soient les conditions de la germination, la première feuille possède chez certains individus, un limbe comportant 4 dents (fig. 2*a*) au lieu de 5 (fig. 2*b*). La proportion des plantules ayant une première feuille de 4 dents s'est avérée à peu près la même lors de nos deux essais successifs (1949 et 1950) ; diverses séries de 20 plantules provenant de graines obtenues en 8 h. de jour, comptent chacune 2 ou 3 individus dont la première feuille a un limbe réduit (soit environ 10 à 15 %).

(1) Toutefois dans l'ensemble, la meilleure germination est obtenue dans la série des graines récoltées en jours normaux et semées en jours normaux.

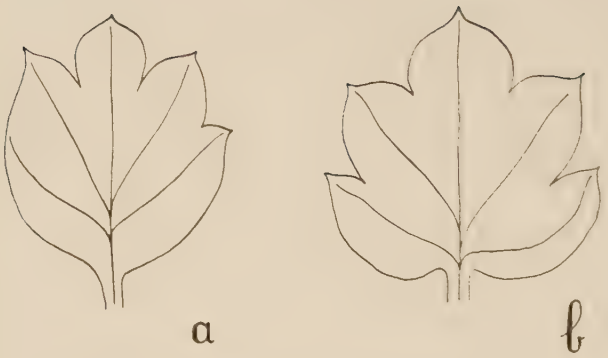


Fig. 2. en (a), aspect d'une première feuille réduite ;
en (b), aspect d'une première feuille normale. (voir le texte).

Nous n'avons jamais trouvé de tels individus dans les séries correspondantes, provenant des graines obtenues en jours normaux.

* * *

Ce succès nous a conduit à faire quelques tentatives du même genre sur des Fraisiers à gros fruits. Ces fraisiers, comme le Fraisier des quatre-saisons, peuvent, eux aussi, donner des graines en jours longs comme en jours courts, une fois que la formation des boutons a été induite par l'application de quelques journées relativement courtes (de 10 à 14 heures, selon les variétés).

Nous avons choisi une variété d'origine assez ancienne et peu cultivée actuellement la variété « Vilmorin ».

Avant le réveil du printemps, nous avons mis les plantes en pots et nous avons fait 2 séries : une première série à fleuri normalement en jours de durée normale (de plus de 15 h.), et une seconde, en jours courts de 8 h. (1).

Des graines ont été récoltées dans les 2 séries.

Elles ont été semées comme suit, en 4 séries :

a. — Graines récoltées en jours normaux ; semées en jours normaux.
b. — Graines récoltées en jours normaux ; semées en jours courts (de 12 h.).
c. — Graines récoltées en jours courts (de 8 h.) ; semées en jours normaux.
d. — Graines récoltées en jours courts (de 8 h.) ; semées en jours courts (de 12 h.).

Les résultats indiquent que, quelles que soient les conditions de la culture, la première feuille de la plantule a 3, 4 ou 5 dents, lorsque les graines sont récoltées en jours normaux, de plus de 15 h. ; tandis que cette même feuille n'a pratiquement

(1) La culture a eu lieu dans le Phytotron de l'Institut de Botanique de l'Université de Liège, la température étant fixée à 20° C. constants.

jamais 3 dents (un cas seulement sur 68 plantules !) lorsque la récolte des graines a lieu sur une plante-mère en jours courts (Tabl. II).

TABLEAU II

Nombre de plantules des diverses séries ayant une première feuille de 3, 4 *ou* 5 *dents.*

Séries	Nombre de dents de la première feuille			Nombre total des plantules examinées
	3 dents	4 dents	5 dents	
Graines récoltées en jours normaux et semées en jours normaux	6	3	11	20
Graines récoltées en jours normaux et semées en 12 h.	4	8	39	51
Graines récoltées en 8 h. et semées en jours normaux	1	1	18	20
Graines récoltées en 8 h. et semées en 12 h.	0	4	44	48

La proportion des plantules dont la première feuille a 5 dents est de 70 % lorsque les graines sont récoltées sur des plantes-mères cultivées en jours normaux de plus de 15 h., et elle s'élève à 90 % lorsqu'elles sont récoltées sur des plantes-mères cultivées en 8 h. de jour.

* * *

Ces résultats nous mettent en mesure d'affirmer que :

La forme de la première feuille chez le Fraisier peut-être modifée par les conditions de longueur de jour appliquées sur la plante-mère, au contact de laquelle l'embryon s'élabore.

Si on admet, comme nous avons pu le montrer antérieurement (1), que la forme des feuilles peut servir de mesure au développement, il faut conclure que, chez le Fraisier des quatre saisons, les jours normaux de plus de 15 h., tombant sur les feuilles de la plante-mère, sont favorables au développement de l'embryon, tandis que les jours courts de 8 h. lui sont défavorables.

Au contraire, chez le Fraisier à gros fruits « Vilmorin », les jours longs défavorisent, par l'intermédiaire de la plante-mère, le développement de l'embryon, et les jours courts le favorisent. A cet égard, il y aurait chez ce Fraisier, une disjonction

(1) Sironval, *loc. cit.*

entre les conditions normales de la production des graines (en mai-juin, donc en jours longs) et les conditions convenant le mieux au développement des embryons.

Quoiqu'il en soit, les faits indiquent que *certaines propriétés des graines et des plantules dépendent des conditions dans lesquelles la plante-mère est cultivée, c'est-à-dire de l'état physiologique de la plante-mère elle-même.*

Laboratoire de Physiologie Végétale
et Centre des Hormones Végétales
(I. R. S. I. A.)
Institut de Botanique. Université de Liége.

EXPÉRIENCES SUR LA FRAGMENTATION DES TIGES DE *FUNARIA HYGROMETRICA* L.

par **C. SIRONVAL**

Docteur en Sciences ; Chef de Travaux à l'Université de Liége.

INTRODUCTION

Depuis le siècle dernier, beaucoup de bryologues se sont servi des néoformations de tiges feuillées pour propager des mousses diverses. Élie et Émile Marchal (1907-1911 ; 1.) ont même cultivé des néoformations provenant de sporanges, et ils ont obtenu ainsi des plantes diploïdes.

Bien que la technique était d'application courante, l'étude physiologique des conditions et des modalités de la néoformation à partir des tiges de mousses a été cependant longtemps négligée. Le premier essai important dans ce domaine est celui de J. Westerdijck (1907 ; 3.). Malheureusement, cet auteur n'a pas assez considéré la morphologie des organes néoformés. Il s'est contenté d'énumérer, au seuil de son travail, une série de caractères arbitrairement choisis pour définir d'une part la « notion » rhizoïde et d'autre part la « notion » protonéma *(der Begriff Rhizoïd und Protonema)*. Ses définitions, s'appuyant de surcroît sur les données d'auteurs anciens, sont imparfaites ainsi que nous l'avons montré dans un article paru en 1947. Elles constituent certes un moyen de classification commode pour Westerdijck, mais il est difficile de déterminer à quoi elles correspondent exactement dans les faits. Chaque auteur a d'ailleurs à cet égard sa classification propre.

La confusion provient de ce que les divers aspects sous lesquels une muscinée donnée peut se présenter n'ont pas été suffisamment observés en rapport avec le développement à partir de la spore. En suivant pas à pas le développement de *Funaria Hygrometrica L.*, nous avons pu constater pour notre part (Sironval-1947 ; 2.) que le protonéma comporte deux stades successifs. La germination de la spore donne un premier type de filaments, le chloronéma, qui, lorsque les conditions sont favorables, produit à son tour une forme filamenteuse tout à fait différente : le caulonéma ; les tiges apparaissent à partir de cette deuxième forme ; elles portent à leur base une troisième sorte de filaments : les rhizoïdes.

Bulletin de la Société Royale de Botanique de Belgique, Tome 84, p. 281 (mai 1952). — **Communication présentée à la séance du 2 décembre 1951.**

En possession de ces données qui apportent quelque peu d'ordre dans la description des diverses formes filamenteuses de *Funaria Hygrometrica L.*, il nous a paru utile de reprendre et d'approfondir les expériences de WESTERDIJCK sur la néoformation d'organes à partir des tiges de cette mousse, d'autant plus que, d'une façon générale, les phénomènes de néoformation jouent un rôle important dans la pratique. L'étude de ces phénomènes constitue, chez les végétaux supérieurs, la base des connaissances relatives au bouturage, à la multiplication par bourgeonnement, etc... ; elle touche au problème de la différenciation, à celui des corrélations entre les diverses parties d'un organisme, et en général, au problème du développement.

On peut espérer que les enseignements tirés d'essais sur une plante inférieure sont susceptibles d'éclairer quelque peu certains problèmes posés à l'échelle des plantes à fleurs.

* * *

Notre matériel d'expérience consiste en tiges feuillées de *Funaria Hygrometrica L.*, cultivées dans des erlenmeyers exposés à la lumière naturelle, à la température ordinaire de la serre, sur milieu de Marchal gélosé. Au moment de la mise en expérience, les tiges ont plus de 20 feuilles et elles portent à leur base une touffe de rhizoïdes qui s'enfoncent dans le substrat.

Ces rhizoïdes diffèrent fortement du chloronéma et du caulonéma, non seulement par leur position à la base de la tige, mais aussi par leur forme (1) : la cellule apicale est hyaline ; les autres cellules ont des membranes progressivement plus brunes ; toutes sont dépourvues totalement de chloroplastes. Les cloisons transversales sont obliques par rapport à l'axe. Enfin, les rhizoïdes sont généralement peu ramifiés.

Nous préparons les tiges comme suit en vue de la néoformation : elles sont extraites de l'erlenmeyer de culture et privées de leur base ; elles sont ensuite déposées à plat sur un substrat solide (milieu de Marchal gélosé) couvrant le fond d'une boîte de Pétri, dans une atmosphère saturée d'eau. Les boîtes sont exposées à la lumière artificielle d'une cave maintenue constamment à 23°C. On éclaire à l'aide de lampes Philips de 200 Watts distantes des cultures de 75 cm.

* * *

DESCRIPTION DES EXPÉRIENCES.

a) *Première expérience.*

Nous mettons en culture, selon la technique exposée ci-dessus, trente tiges de *Funaria Hygrometrica L.*, et nous faisons trois séries :

— la première comprend 15 tiges entières (témoins), dont on enlève seulement les rhizoïdes de la base.

(1) En ce qui concerne la description du chloronéma et du caulonéma, le lecteur consultera notre travail de 1947.

— la seconde comprend 15 tiges auxquelles on a enlevé les rhizoïdes de la base et le bourgeon terminal.

— la troisième comprend les bourgeons terminaux de ces 15 tiges. On place le tout dans la cave à la lumière artificielle pendant 14 jours.

Nous exprimons au tableau I les résultats de cette expérience.

L'examen du tableau montre d'emblée qu'on n'observe nulle part la présence de filaments néoformés de protonéma sur les tiges en expérience. Il apparaît seulement des rhizoïdes et aussi des bourgeons feuillés. Dans les deux premières séries (tiges entières et tiges sans bourgeon terminal), on trouve des bourgeons néoformés et des rhizoïdes ; dans la troisième (bourgeons terminaux isolés), des rhizoïdes seulement.

La néoformation a lieu à partir de l'une ou l'autre cellule située toujours, le long de la tige, dans une zone qui surmonte l'insertion d'une feuille quelconque. Cette cellule donne naissance à une cellule nouvelle faisant saillie, et dont les recloisonnements s'organisent de deux façons différentes selon qu'un bourgeon ou un rhizoïde s'en dégage.

L'examen du nombre ainsi que de la disposition des bourgeons et des rhizoïdes néoformés est plein d'enseignements.

Les bourgeons néoformés sont surtout nombreux dans la série des tiges dépourvues de leur bourgeon terminal. Il y a dans cette série 27 bourgeons nouveaux, tandis qu'on en compte 4 seulement dans la série des tiges entières (pourvues de leur bourgeon terminal), et qu'il n'y en a pas un seul dans la série des bourgeons terminaux isolés. Si on distingue la base des tiges en expérience de leur milieu et de leur sommet, en y délimitant trois zones égales ; (A-base), (B-milieu) et (C-sommet), on constate en outre que, dans la série des tiges entières, les 4 bourgeons nouveaux sont tous localisés dans la zone basale (A) la plus éloignée du bourgeon terminal. Au contraire, dans la série des tiges dépourvues de leur bourgeon terminal, on trouve des bourgeons néoformés dans les trois zones (A) (B) et (C).

Ainsi, *la présence du bourgeon terminal gêne visiblement la formation d'autres bourgeons*. Cette conclusion est soulignée par la série des bourgeons isolés, à partir desquels nous n'obtenons pas le moindre bourgeon nouveau.

Quant aux rhizoïdes, il s'en forme dans les trois séries de notre essai. Les tiges munies de leur bourgeon terminal présentent des rhizoïdes presqu'exclusivement dans la zone basale (A) (113 rhizoïdes en (A), 53 en (B), 0 en (C)). Cette localisation en (A) ne peut cependant pas être imputée à un effet inhibiteur du bourgeon terminal. Car d'une part, la série des bourgeons isolés montrent des rhizoïdes, et d'autre part, la localisation des rhizoïdes à la région basale de la tige se produit aussi dans la série dépourvue de bourgeons terminaux. Par ailleurs, l'étude attentive des tiges mises en expérience montre que chaque segment compris entre deux feuilles successives néoforme en moyenne 0,5 rhizoïde lorsqu'il n'est pas porteur de bourgeon néoformé, tandis que, lorsqu'il en est porteur, il néoforme en moyenne 4,1 rhizoïdes,

TABLEAU I.

N° des tiges en expériences	Série des tiges entières								Série des tiges sans bourgeon terminal								Série des bourgeons terminaux seuls	
	Nombre de bourgeons néoformés				Nombre de rhizoides néoformés				Nombre de bourgeons néoformés				Nombre de rhizoides néoformés				Nbre de bourgeons néoformés	Nbre de rhizoides néoformés
	en A	en B	en C	Total	en A	en B	en C	Total	en A	en B	en C	Total	en A	en B	en C	Total	Total	Total
1	—	—	—	0	10	2	—	12	1	1	1	3	9	4	6	19		2
2	1	—	—	1	11	2	—	13	—	—	1	1	12	—	4	16		—
3	—	—	—	0	16	3	—	19	—	—	1	1	15	2	14	31		2
4	—	—	—	0	17	14	—	31	—	—	2	2	17	5	8	30		1
5	1	—	—	1	11	—	—	11	1	—	1	2	11	4	9	24		2
6	1	—	—	1	5	—	—	5	1	—	1	2	6	2	5	13		—
7	1	—	—	1	11	7	—	18	1	—	1	2	2	5	2	9		1
8	—	—	—	0	6	—	—	6	—	1	—	1	7	6	4	17		2
9	—	—	—	0	13	3		16	1	1	—	2	11	4	—	15		1
10	—	—	—	0	5	—	—	5	—	—	1	1	7	—	5	12		—
11	—	—	—	0	4	—	—	4	—	1	1	2	5	5	15	25		4
12	—	—	—	0	11	—	—	11	1	1	—	2	3	4	3	17		2
13	—	—	—	0	13	12	—	25	1	1	—	2	8	7	2	17		2
14	—	—	—	0	8	9	—	17	—	1	1	2	4	5	10	19		3
15	—	—	—	0	12	1	—	13	1	—	1	2	7	7	6	20	—	—
Total	4	0	0	4	153	53	0	206	8	7	12	27	125	70	92	277	0	22

c'est-à-dire 8 fois plus. On doit conclure que *la présence de bourgeons, loin d'inhiber, active la néoformation des rhizoïdes sur les segments de tige.*

Ceci cadre bien avec les faits qui ont été observés lors de notre étude du développement de *Funaria Hygrometrica L.* (Sironval, 1947 ; 2.) et d'après lesquels les rhizoïdes apparaissent, pour la première fois au cours du développement, à la base des tout jeunes bourgeons des premières tiges feuillées. La relation entre bourgeons et rhizoïdes est tellement étroite qu'on doit se demander si la présence de bourgeons — induisant, comme nous le supposons, la formation des filaments de rhizoïdes —, n'empêche pas, par là-même, la néoformation d'une forme filamenteuse différente : le protonéma (chloronéma ou caulonéma). Afin d'éprouver pareille hypothèse, il faudrait obtenir des néoformations à partir de tissus de tiges, mais en l'absence de bourgeon.

b) *Deuxième expérience.*

Nous coupons une tige en fragments courts (comprenant une feuille et le tronçon de tige attenant), et nous disposons ces fragments dans une boîte de Petri, comme dans la première expérience.

Les résultats sont donnés au tableau II.

Tableau II.

N° d'ordre des fragments	Nombre de rhizoïdes néoformés	Nombre de filaments de caulonéma néoformés	Nombre de bourgeons néoformés
1	—	3	—
2	—	—	—
3	—	—	—
4	—	6	—
5	—	3	—
6	—	2	—
7	—	4	—
8	—	16	—
9	⑥	—	①
10	⑮	—	①
11	—	12	—

14 jours après le début de l'expérience, 9 fragments n'ont pas formé de bourgeons, tandis que 2 autres en présentent. Les fragments munis de bourgeons portent en outre un nombre élevé de rhizoïdes. Par contre, les fragments dépourvus de bourgeon fournissent des filaments très différents, morphologiquement identiques au caulonéma. Ce caulonéma prospère parfaitement en culture pure, à la lumière artificielle, et il peut atteindre de grandes dimensions. Au bout d'un temps variable, certaines de ses cellules se divisent en donnant de jeunes bourgeons de tige, selon le processus qui a été souvent décrit par divers auteurs, et ces bourgeons forment à leur base des rhizoïdes.

La conclusion exposée ci-dessus, au terme de la première expérience, se vérifie

donc et se précise : *la présence d'un bourgeon n'excite pas seulement la formation des rhizoïdes ; elle empêche encore celle du caulonéma.*

Ayant acquis cette certitude, nous avons essayé de préciser l'origine de cette activité du bourgeon. On sait que le bourgeon s'édifie chez les mousses par les recloisonnements d'une cellule apicale unique entourée de quelques autres. La disposition des cellules est simple et relativement constante. Il est possible que leur fonctionnement, construisant la tige, contrôle également la formation des rhizoïdes. Dans ce cas, en tuant les cellules apicales d'un bourgeon, on pourrait s'attendre à observer une néoformation de caulonéma à partir des autres cellules de ce bourgeon.

c) *Troisième expérience.*

Nous tuons la cellule apicale et celles qui l'entourent en écrasant l'extrême pointe de bourgeons isolés et nous les plaçons ensuite dans l'atmosphère humide de nos boîtes de Pétri, en cave de culture. Nous considérons la cellule apicale comme morte lorsque le bourgeon ne croît plus.

Cette expérience, tout à fait brutale, nous donne les résultats consignés au tableau III où nous séparons les bourgeons à croissance nulle (cellule apicale écrasée) de ceux à croissance positive (cellule apicale restée vivante).

TABLEAU III.

Série des bourgeons dont la cellule apicale est écrasée					Série des bourgeons dont la cellule apicale est vivante				
N° d'ordre des bourgeons	Nombre de rhizoïdes néoformés	Nombre de filaments de caulonema néoformés	Nombre de bourgeons néoformés	Contrôle de la croissance (+ ou —)	N° d'ordre des bourgeons	Nombre de rhizoïdes néoformés	Nombre de filaments de caulonéma néoformés	Nombre de bourgeons néoformés	Contrôle de la croissance (+ ou —)
1	1	—	—	—	1	2	—	—	+
2	—	4	—	—	2	1	—	—	+
3	1	—	1	—	3	3	—	—	+
4	3	3	—	—	4	1	—	—	+
5	3	—	1	—	5	2	—	—	+
6	1	3	—	—	6	4	—	—	+
7	1	—	—	—	6	4	—	—	+
					7	1	—	—	+
					8	3	—	—	+
					9	3	—	—	+
					10	4	—	—	+
Total :	10	10	2	la croissance est nulle partout	Total :	24	0	0	la croissance est partout positive

Le tableau montre que lorsque la croissance est nulle, des filaments de caulonéma poussent dans 3 cas sur 7, et des rhizoïdes dans 6 cas (1). Au contraire, lorsque la cellule apicale est vivante, on obtient partout des rhizoïdes.

Résumé et conclusions.

L'ensemble de ces faits peut être résumé comme suit :

1) Les tiges feuillées de *Funaria Hygrometrica L.* sont capables de néoformer soit des bourgeons, soit des rhizoïdes, soit du protonéma au stade caulonéma.

2) La néoformation de ces divers organes suit un certain nombre de lois :

a) La formation d'un bourgeon nouveau est défavorisée par la présence dans le voisinage d'un bourgeon plus ancien.

b) Au contraire, la néoformation des rhizoïdes est favorisée par la présence d'un bourgeon vivant.

c) Le caulonéma se néoforme uniquement en l'absence des cellules apicales vivantes d'un bourgeon.

Westerdijck avait déjà observé ce dernier point en 1907. Cet auteur écrivait : « Le bourgeon terminal et le protonéma sont corrélatifs l'un de l'autre ; si le premier est enlevé, le dernier se forme. » En réalité, la présence de n'importe quel bourgeon, — même d'un bourgeon néoformé —, peut empêcher, chez *Funaria Hygrometrica L.*, la formation du protonéma au stade caulonéma et induire celle des rhizoïdes. Il suffit pour cela que le bourgeon, disposant de cellules apicales vivantes, soit en train de croître.

Le caulonéma de néoformation est tout à fait identique au caulonéma que l'on rencontre au cours du développement de la mousse à partir de la spore. Il correspond au deuxième stade morphologique de ce développement et il donne naissance à un troisième stade : la tige feuillée. Dès lors, sa production à partir de tissus de tiges est sans doute l'expression *d'un processus de rajeunissement*, affectant, au cours de la néoformation, certaines cellules de ces tiges ou leur descendance.

Au contraire, la néoformation de rhizoïdes en présence de bourgeons vivants est l'indice d'un maintien du stade auquel sont parvenues les cellules de la tige feuillée. Tout se passe comme si les bourgeons en vie faisaient obstacle à la régression des organes néoformés vers un stade antérieur du développement, c'est-à-dire en somme, comme s'ils étaient capables de promouvoir le développement.

Laboratoire de physiologie végétale.
Université de Liège.

(1) Notons que, dans divers essais analogues, nous avons observé certains cas de production de caulonéma particulièrement heureux à partir des bourgeons écrasés. C'est ainsi que l'un de ces bourgeons a donné 26 filaments de caulonéma en un temps très court, alors que les autres tronçons de la même tige portaient au bout de ce laps de temps 0, 2, 1 et 1 filament de caulonéma.

AUTEURS CITÉS :

1. Marchal El. et Em. — Aposporie et Sexualité chez les mousses. *Bull. Acad. Roy. Belg.*, **1** : 1907 ; **2** : 1909 ; **3** : 1911.

2. Sironval C. — Expériences sur les stades de développement de la forme filamenteuse en culture de *Funaria Hygrometrica L. Bull. Soc, Roy. Bot. Belg.*, **79** ; p. 48-72 ; 1947.

3. Westerdijck J. — Zur Regeneration der Laubmoose. *Rec. Trav. Bot. Néerl.*, **3,** p. 1-66, 1907.

A PROPOS DU MÉTABOLISME DE LA CHLOROPHYLLE DANS LA FEUILLE
(SES RAPPORTS AVEC LA FLORAISON)

par **C. SIRONVAL**
Docteur en Sciences.

(Note présentée au Congrès International de Biochimie, Paris, Juillet 1952).

Résumé. — La formation de la chlorophylle dans la feuille a surtout été jusqu'ici suivie à partir d'organes étiolés. Pourtant, la feuille verte normale est aussi le siège de variations dans la teneur en chlorophylle. On constate que, à partir du primordium foliaire jusqu'à un certain stade correspondant à peu près à l'épanouissement du limbe, la teneur en chlorophylle augmente, puis que par la suite, au cours du vieillissement du limbe étalé, elle diminue. Ce mouvement ne se produit pas d'une façon continue. Au contraire, il est le résultat de variations plus complexes allant, au cours de la journée, tantôt dans le sens de la synthèse, tantôt dans celui de l'hydrolyse. Dans la jeunesse de la feuille, la synthèse journalière l'emporte sur l'hydrolyse ; dans la vieillesse, c'est l'inverse : des produits d'hydrolyse sont libérés. On peut modifier pour une plante donnée, les variations du rapport journalier : synthèse /hydrolyse (en relation avec le vieillissement de la feuille) et la valeur absolue de ces processus inverses en agissant sur les conditions de la culture, par exemple, en changeant la température ou la longueur des jours. En même temps, on provoque un trouble dans le développement de la plante qui, dans certains cas, refuse de fleurir, restant constamment végétative.

INTRODUCTION

Lorsqu'on les cultive à l'obscurité à partir du semis, les plantes supérieures s'affaiblissent et s'étiolent progressivement ; leurs limbes sont jaunes. Mais, si on les transporte à la lumière, les organes étiolés verdissent, tandis que la santé des individus transférés s'améliore. On peut aisément constater que la couleur des limbes étiolés change dès le moment de l'exposition aux radiations lumineuses. Le changement est très rapide dans les dix à trente premières heures, puis il ralentit progressivement au fur et à mesure que la teinte verte normale est atteinte.

Bulletin de la Société Royale de Botanique de Belgique, Tome 85, p. 285 (juin 1953). — Communication présentée à la séance du 7 décembre 1952.

L'étude des processus du verdissement d'un matériel étiolé a conduit Monteverde (1894) à affirmer l'existence d'un pigment précurseur de la chlorophylle : la protochlorophylle. Ce pigment, de couleur verte, comme la chlorophylle, s'accumule dans les plastides à l'obscurité, mais en quantité si faible que sa coloration propre n'a pas d'influence sur celle des organes. On sait maintenant, d'une façon relativement sûre, que la protochlorophylle, formée dans le noir, se transforme en chlorophylle à la lumière, sans doute dans les deux ou trois premières heures qui suivent l'éclairement (Smith, 1949). Par la suite, la chlorophylle continue à se synthétiser par des voies encore inconnues.

Des données anciennes ont montré que l'accumulation de la chlorophylle dans les feuilles étiolées remises à la lumière est affectée par la température ambiante (Wiesmer, 1877), ainsi que par l'intensité et la qualité du rayonnement lumineux (Lubimenko, 1921). On trouve qu'il y a une condition optimale de température ou d'intensité lumineuse en deçà et au-delà de laquelle l'accumulation est ralentie

L'intervention de la température indique que l'accumulation des pigments verts n'est pas un processus photochimique simple. Au contraire, elle est vraisemblablement liée à des chaînes de réactions qui se produisent aussi bien à l'obscurité qu'à la lumière. Lorsque les plantes étiolées sont, par exemple, soumises à des périodes alternantes de lumière et d'obscurité (une minute de lumière suivie de trois minutes d'obscurité, etc...), le verdissement est plus rapide qu'en éclairage continu. Les alternances agissent dans le même sens qu'une élévation de la température. Leur effet activant est proportionnel, dans certaines limites, à la durée de la période obscure et cet effet se produit, même si l'intensité de la lumière est basse (*Hubbenet*, 1938).

On sait en outre que la présence en fer (ou d'autres ions métalliques), la teneur en sucre, les qualités protoplasmiques des chloroplastes liées à l'espèce, l'apport d'oxygène, etc. influencent largement le verdissement des organes étiolés.

* * *

Dans la culture normale des plantes, l'étiolement est un processus rare. La germination a généralement lieu à la lumière et à des températures adéquates. Chaque feuille passe d'abord, au cours de sa formation, par une phase incolore, lorsqu'elle est à l'état d'ébauche adjacente au méristème ; ensuite, elle se charge de pigments jaunes ; puis elle devient progressivement de plus en plus verte au cours de sa croissance et de son vieillissement. Enfin, tandis que la feuille meurt, elle jaunit à nouveau.

Toutes ces modifications se déroulent lentement au cours du temps que découpent les alternances régulières des jours et des nuits. Il s'agit de phénomènes physiologiquement normaux qui doivent être étudiés en dehors des conditions d'un étiolement artificiel.

Pareille étude est d'autant plus nécessaire que des observations récentes ont montré des différences nettes dans l'intensité de la coloration verte des limbes en

rapport à la fois avec quelques conditions du milieu de culture et avec les caractéristiques du développement, en particulier, certaines modalités de la floraison.

Ainsi, en 1942, Bode a constaté, chez *Kalanchoe Blossfeldiana*, qui fleurit en jours courts (et pas en jours longs), que la chlorophylle est nettement plus abondante en jours courts qu'en jours longs, bien qu'on aurait pu s'attendre classiquement à observer une accumulation plus intense du pigment dans les durées de jour les plus longues.

En 1949, Withrow et Withrow voient une relation entre les condition de lumière et de température, la teneur en chlorophylle des limbes et la floraison chez la tomate.

Une relation du même genre entre la longueur des jours, la floraison des plantes et la teneur en chlorophylle est observée par Mme Taranez, en 1950. Étudiant d'une part des plantes de *Périlla*, qui fleurissent en jours courts et non en jours longs et, d'autre part, des plantes d'*Épinard*, qui fleurissent en jours longs et non en jours courts, cet auteur trouve que le facteur de transmission des extraits alcooliques dans la zone d'absorption maxima de la chlorophylle est le plus élevé pour *Périlla* en jours courts et pour *l'Épinard* en jours longs.

De même, C. Sironval remarque en 1952 que, chez le *Fraisier des quatre-saisons*, les limbes des plantes cultivées en jours courts sont visiblement d'un vert plus pâle que les limbes des plantes en jours longs, les seules qui parviennent à fleurir. Réalisant les saponifications des limbes à la potasse alcoolique, le même auteur constate que l'aspect de la fraction insaponifiable est très différent chez les feuilles adultes, selon que la culture a lieu en photopériode courte ou en photopériode longue.

* * *

Partant de ces divers faits, nous avons entrepris une étude du métabolisme de la chlorophylle dans les limbes de *Fragaria Vesca L. var. semperflorens Duch.* afin d'établir si on peut réellement affirmer l'existence d'une relation entre la teneur en chlorophylle, les conditions de la culture et la floraison des plantes.

Nous avons d'abord étudié la teneur en chlorophylle des limbes dans les conditions normales de culture, optimales pour le développement et la floraison.

Nous avons ensuite réalisé la même étude dans des conditions modifiées, défavorables dans certains cas au développement et à la floraison. Les modifications du milieu ont porté d'une part, sur la longueur des jours et, d'autre part, sur la température ambiante.

Nous limitons notre exposé aux observations faites sur la dixième feuille des plantes. Les conditions modifiées de culture ont été appliquées à partir de la troisième — quatrième feuille.

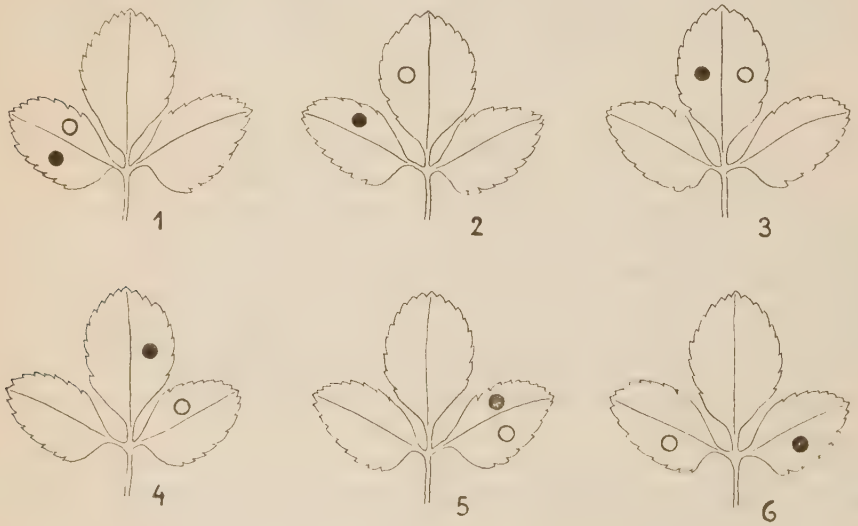
A la dixième feuille, leurs effets sur le développement étaient notables à certains critères morphologiques que nous avons décrits par ailleurs (C. Sironval, 1951).

Méthode de dosage de la chlorophylle.

Au cours des recherches préliminaires, il est apparu que deux prélèvements, effectués le même jour, dans le même limbe, mais à deux endroits topographiquement distincts, pouvaient donner des chiffres différents de teneur en chlorophylle. Il était donc nécessaire d'homogénéiser le matériel afin de rendre les prélèvements comparables.

Nous avons résolu la difficulté en réunissant une série de prises effectuées, pour une part égale, à différents endroits d'un limbe. A cet effet, nous délimitons, dans chaque limbe six zones correspondant à chaque demi-foliole (1), et une prise d'un ½ cm² est faite à l'emporte-pièce dans le milieu de chacune de ces zones. Les six prises réunies constituent le prélèvement complet, à partir duquel se fait le dosage.

Nous prenons six fraisiers cultivés dans les mêmes conditions et semés en même temps ; sur chacun de ces fraisiers, nous choisissons une feuille d'un certain âge et d'un niveau déterminé sur la tige principale (dans le cas de cet article, la dixième feuille) ; nous disposons ainsi au total de six feuilles analogues. Une prise d'un ½ cm² est réalisée dans un demi-foliole différent de chacune de ces feuilles. Les six prises forment le prélèvement. Plusieurs prélèvements semblables, comprenant six prises dans les mêmes zones des mêmes feuilles, peuvent évidemment être réalisés (fig. 1). S'ils sont faits au même moment, ces prélèvements donnent une teneur en chlorophylle reproductible à moins d'un % près.



Méthode d'échantillonnage pour le dosage de la chlorophille.

Le rond noir montre l'emplacement de six prises constituant le premier échantillon.
Le rond blanc montre l'emplacement des six prises constituant l'échantillon.

(1) On sait que, chez le fraisier, les limbes de la plante adulte ont trois folioles.

Nous opérons l'extraction de la chlorophylle selon la méthode classique, par l'acétone à 80 %. Nous partons d'ordinaire de 20-40 mgr de tissus frais, nous épuisons dans un petit mortier par une vingtaine de cc. donnés en fractions de 5 cc. ; nous réunissons les fractions après passage à travers un papier filtre. Nous amenons à 50 cc. en ayant soin de laver convenablement le filtre. L'ensemble des opérations dure une dizaine de minutes. Le liquide est mis au noir à la glacière pendant 48 heures. Le coefficient d'absorption est alors mesuré dans le rouge à l'aide de l'absorptiomètre de HILGER-SPEKKER (nous employons le filtre 608 de cet appareil).

La teneur en chlorophylle est obtenue sur une échelle établie à partir d'une solution de chlorophylle, purifiée par les soins de Mme BOUILLENNE, que nous tenons à remercier vivement. Dans cet article, nous exprimons les teneurs en mgr. de chlorophylle aussi bien par 100 cm^2 de surface foliaire que par 100 mgr de poids frais.

RÉSULTATS

I. **Métabolisme de la chlorophylle dans les conditions normales de culture.**

Les plantes sont cultivées selon les techniques ordinaires du jardinage. Elles sont semées au début de mai et elles subissent les températures et les éclairages naturels. Elles commencent à fleurir à la mi-juillet, après deux mois et demi de culture. Le développement et la floraison sont normaux.

Nous étudions la teneur en chlorophylle de la dixième feuille au moment où elle apparaît dressée verticalement, au centre du bouquet foliaire (mois de juin) ; les demi-folioles sont repliés sur eux-mêmes ; la longueur totale de la feuille, de la base du pétiole à l'extrémité de la nervure médiane, est de 8 cm environ. Nous l'étudions ensuite quinze jours plus tard ; la feuille est jeune encore ; les folioles viennent de s'étaler horizontalement à la lumière ; le pétiole est dressé verticalement. Enfin, nous l'étudions trente jours plus tard, lorsque le pétiole s'affaisse vers le sol, s'écartant du cœur du bouquet foliaire où poussent la onzième et la douzième feuille ; la feuille est adulte ; sa croissance est achevée et elle va progressivement s'acheminer à la mort vers le cinquantième-soixantième jour.

Ce qui frappe au premier abord, c'est que la teneur en chlorophylle est loin d'être constante au cours de la journée. Les dosages faits de deux heures en deux heures, à partir du lever du jour, montrent que, durant les premières heures de la journée jusqu'aux environs de huit à neuf heures, la teneur est relativement constante, tendant parfois à diminuer. Puis de neuf heures à midi, elle augmente. Un maximum est atteint entre douze et quatorze heures, auquel on stationne parfois pendant deux à trois heures. Ensuite, le taux de chlorophylle s'abaisse dans la soirée et pendant la nuit jusqu'au matin. Le mouvement se reproduit chaque jour de la même façon.

Dans la feuille à l'état très jeune (dressée verticalement au centre du bouquet foliaire), on peut trouver entre le minimum du matin et le maximum de midi, des

écarts de l'ordre de 0,06 mgr % de poids frais, soit 0,8 à 0,9 mgr par 100 cm² de surface foliaire. Quinze jours plus tard, lorsque la feuille vient de s'étaler à la lumière, les écarts sont du même ordre, parfois même plus nets encore. Mais, trente jours plus tard, dans la feuille vieille, ils s'amenuisent au point de ne plus être notables. A cet âge, les variations journalières de la teneur des limbes s'estompent et le maximum de midi est à peine marqué.

Dans la jeunesse de la feuille, les mouvements de va-et-vient se soldent par une accumulation progressive. La teneur moyenne dans la feuille jeune est d'environ 0,20 à 0,25 mgr % de poids frais, soit 2,60 à 2,70 mgr par 100 cm² de surface foliaire, selon le lot de feuilles choisies (d'âge plus ou moins avancé). Quinze jours plus tard, les lots ont une teneur moyenne plus élevée : de 0,27 à 0,32 mgr % [3,10 à 3,20 mgr par 100 cm² de surface]. La teneur moyenne tend ensuite à s'abaisser lentement avec le vieillissement, en sorte que trente jours après les premiers dosages, les mêmes lots donnent 0,25 à 0,30 mgr % de moyenne [2,90 à 3,00 mgr par 100 cm² de surface].

La période d'accumulation dure jusqu'à l'étalement de la feuille ; elle est caractérisée par une augmentation rapide et considérable du taux moyen. Elle est suivie d'une période d'élimination du pigment correspondant au limbe adulte et caractérisée par une diminution faible du taux moyen.

Mettant l'ensemble de ces données en rapport les unes avec les autres, on doit conclure que, pendant la période d'accumulation, dans la feuille jeune, la fluctuation journalière de la teneur est très ample, tandis que les apports matinaux de pigments l'emportent sur la disparition nocturne. Les processus s'altèrent pendant la période d'élimination, dans la feuille adulte et vieillissante ; la fluctuation est alors moins ample et les apports matinaux fléchissent en regard de la disparition nocturne. Les processus de synthèse pigmentaire l'emportent donc dans la jeunesse, mais avec le vieillissement, l'équilibre est déplacé vers les processus contraires d'hydrolyse.

II. Métabolisme de la chlorophylle dans des conditions anormales de culture.

On peut modifier les conditions normales de culture de deux façons : d'abord en changeant la durée des jours et ensuite en changeant le régime des températures.

a) Culture en jours courts.

Normalement, le fraisier reçoit, à partir du semis au mois de mai jusqu'à la floraison en juillet, des journées dont la durée oscille entre quinze et seize heures. En raccourcissant le jour, on crée des conditions anormales. Si le jour est ramené à douze heures (de quatre à cinq heures, le matin, jusqu'à seize à dix-sept heures, l'après-midi), les plantes se développent à peu de chose près comme en jours normaux ;

elles arrivent à fleurir avec un retard à peine perceptible. Mais, si le jour est ramené à huit heures (de quatre à cinq heures du matin jusqu'à midi, ou de huit heures du matin à seize heures l'après-midi), les plantes se développent mal et ne fleurissent pas, même après un temps très long. Nous allons étudier le métabolisme de la chlorophylle dans ces deux conditions de courte durée de jour.

1) *Jours courts de douze heures.*

En principe, les observations faites en jours normaux se retrouvent : il y a des fluctuations journalières et le taux moyen augmente dans la jeunesse de la feuille, pour s'abaisser lorsqu'elle vieillit. On aboutit aux mêmes conclusions quant à la prédominance des activités synthétiques matinales dans le limbe foliaire jeune et quant au déplacement de l'équilibre vers l'hydrolyse nocturne, avec le vieillissement du limbe.

Mais, chez les jeunes feuilles, les fluctuations journalières ont un autre caractère qu'en jours normaux. On trouve une augmentation de la teneur en chlorophylle dès les premières heures du jour ; l'augmentation est continue de cinq heures du matin à midi, parfois avec de courtes périodes de ralentissement autour de dix heures du matin ; le maximum de teneur se situe entre douze et quatorze heures. L'après-midi et pendant la nuit, la teneur diminue lentement jusqu'au matin. Les écarts entre le taux journalier minimum et le taux maximum atteignent couramment 0,10 mgr % du poids frais [1,1 mgr par 100 cm² de surface].

Quinze jours plus tard, on retrouve dans la feuille qui vient de s'étaler les mêmes fluctuations journalières, mais avec un écart plus petit, pouvant aller jusqu'à 0,07 mgr % du poids frais.

Enfin, plus tard encore, trente jours après les premières mesures, les fluctuations dans la feuille adulte deviennent plus imprécises. On observe au lever du jour une certaine augmentation de la teneur, mais l'écart entre le maximum et le minimum journalier devient très faible : 0,03 mgr % du poids frais.

L'existence d'une longue période matinale au cours de laquelle la teneur en chlorophylle augmente sans arrêt explique qu'on observe en douze heures de jour des taux particulièrement élevés.

Dans la feuille jeune, il y a en moyenne de 0,23 à 0,28 mgr % de chlorophylle [2,70 mgr par 100 cm² de surface foliaire] ; ces chiffres s'élèvent à 0,32-0,36 mgr % [3,40 mgr par 100 cm² de surface], quinze jours plus tard, pour s'abaisser enfin, au bout de trente jours à 0,28-0,30 mgr % [3,20 mgr par 100 cm² de surface]. Les teneurs élevées, caractéristiques des plantes en douze heures, permettent de les distinguer facilement à l'œil nu, des plantes cultivées en jours normaux.

2) *Jours courts de huit heures.*

La réduction jusqu'à huit heures de la longueur des jours provoque, comme en douze heures, une augmentation de la teneur dès le lever du jour. Mais cette fois, la période d'augmentation est très brève.

Si le jour est donné de quatre heures du matin à midi, l'augmentation dure jusqu'à huit-neuf heures du matin ; ensuite, il y a diminution lente jusqu'à midi ; se prolongeant pendant la longue nuit. Si le jour est donné de huit heures du matin à seize heures l'après-midi, la période d'augmentation commence à huit heures jusqu'à midi ; ensuite c'est la diminution. La période matinale d'augmentation est donc déterminée par le moment du lever du jour : elle se produit pendant les quatre premières heures qui suivent le lever (1).

L'amplitude de la fluctuation journalière est faible, même dans la jeunesse de la feuille. Les maxima et les minima sont peu distincts.

La feuille jeune présente des écarts de l'ordre de 0,02 % qui s'accentuent quelque peu quinze jours plus tard jusqu'à 0,04 mgr % [0,4 à 0,6 mgr par 100 cm² de surface foliaire], puis s'atténuent au bout de trente jours à 0,02-0,03 mgr %.

A la faible amplitude des fluctuations, correspond l'effacement des variations de la moyenne au cours du vieillissement. Chez la feuille jeune, on trouve en moyenne 0,25 à 0,26 mgr % de chlorophylle [2,60 mgr par 100 cm² de surface foliaire] ; quinze jours plus tard, il y a 0,25 à 0,28 mgr % [2,80 mgr par 100 cm² de surface] et trente jours plus tard, 0,23 à 0,26 mgr % [2,60 mgr par 100 cm²].

La faible teneur des limbes en huit heures est permanente ; elle se manifeste même au moment de leur étalement. Ces limbes sont d'ailleurs plus pâles que ceux cultivés, soit dans les conditions normales, soit en douze heures de jour. La compression des variations est telles qu'il n'est plus possible d'enregistrer une phase de jeunesse, à synthèse nettement prédominante, et une phase de vieillesse où l'hydrolyse est relativement plus active.

b) Culture à température constante.

Les faits acquis jusqu'ici indiquent une liaison entre les caractéristiques du développement (en particulier la floraison), le métabolisme de la chlorophylle et la longueur des jours. Des teneurs élevées en chlorophylle sont observées dans deux conditions de durée de jours qui permettent une floraison normale (en 16 heures et en 12 heures de jour) et des teneurs plus basses, dans une condition nuisible, à la mise à fleur (en 8 heures du jour).

Mais il est possible d'agir sur le développement et sur la floraison sans modifier la longueur des jours. En seize heures de jour, à la lumière naturelle, les fraisiers éprouvent de grandes difficultés à fleurir lorsque la température est artificiellement maintenue constante à 20° C.

Le maintien de la température dans une serre à 20 ° C. constant, en plein été, est une opération difficile que l'installation du Phytotron R. Bouillenne de l'Université de Liège, rend cependant possible (2).

---

(1) Ce fait est à rapprocher des remarquables observations de Bünning et de son école (voir, par exemple, Bünning, 1946).

(2) En juin-juillet-août, la température de 20° C. maintenue constante dans le Phytotron est, dans l'après-midi, plus basse que la température normale de l'air (25-30° C.), tandis que, dans la nuit et la matinée, elle est au contraire plus élevée que la normale (5-15° C.).

Les dosages réalisés sur la dixième feuille de fraisiers cultivés dans le Phytotron, à 20° C. constants, en seize heures de lumière naturelle, montrent des fluctuations journalières très faibles de la teneur en chlorophylle.

L'augmentation de la teneur à partir de neuf heures jusqu'à midi est à peine marquée et il en va de même de la diminution nocturne.

L'écart entre la teneur journalière maxima et la teneur minima vaut 0,04 mgr % [0,5 mgr par 100 cm² de surface foliaire] dans la feuille jeune et elle se maintient avec peine au même niveau quinze jours et trente jours plus tard. Dans certains lots, les variations ne sont pratiquement pas perceptibles dans la feuille adulte.

Aux fluctuations journalières faibles correspondent des teneurs moyennes très basses ne variant pratiquement pas dans les trente jours de nos dosages. Dans les limbes jeunes, la teneur moyenne va de 0,17 à 0,23 mgr % [2,10 mgr par 100 cm² de surface foliaire], selon les lots ; elle vaut 0,18 à 0,25 mgr % [2,40 mgr par 100 cm²], quinze jours plus tard, dans la feuille qui s'étale, aussi bien que trente jours plus tard, dans la feuille adulte.

Ces résultats rejoignent les données obtenues en huit heures de jour, à température normale.

Dans les deux cas, la non-floraison correspond à des fluctuations journalières faibles, à une variation insignifiante de la teneur moyenne en rapport avec le vieillissement, et à un taux de chlorophylle constamment très bas.

CONCLUSIONS

I. Notre essai nous autorise à formuler un certain nombre de lois régissant le métabolisme de la chlorophylle dans la dixième feuille des fraisiers cultivés dans des conditions normales (16 heures de jour, température variable).

1) On peut d'abord affirmer que la teneur en chlorophylle des limbes varie au cours de la journée. Il y a une augmentation de la teneur entre neuf heures du matin et quatorze heures. Ensuite, la teneur s'abaisse dans la soirée et pendant la nuit jusqu'au matin.

2) L'amplitude de ce mouvement périodique est grande dans la feuille jeune, mais elle devient progressivement plus faible au cours du vieillissement.

3) Dans la jeunesse de la feuille, la synthèse journalière l'emporte sur l'hydrolyse ; la teneur journalière moyenne augmente fortement pour atteindre un maximum au moment de l'étalement du limbe.

4) Dans la vieillesse, c'est l'inverse : l'hydrolyse l'emporte sur la synthèse et la teneur moyenne s'abaisse.

L'ensemble de ces conclusions est à rapprocher de celles auxquelles Roux et Husson (1952) aboutissent en utilisant des éléments marqués.

II. L'application de conditions anormales de culture modifie plus ou moins ce fonctionnement. On peut décrire comme suit les changements qui interviennent :

1) Si la durée de la journée est raccourcie, la nuit devenant concurremment plus longue, une nouvelle période de synthèse journalière apparaît, dès le lever du jour. Tout se passe comme si l'allongement de la nuit constituait un excitant pour la synthèse matinale.

2) En modifiant la longueur relative des jours et des nuits, on ne change pas seulement la localisation dans la journée des activités synthétiques : on influe aussi sur le cycle entier des fluctuations journalières dont l'amplitude est soit augmentée (en 12 heures de jour), soit comprimée (en 8 heures de jour) (1).

3) Un effet du même genre est obtenu si on modifie les conditions de température. Une température constante de 20° C. affaiblit notablement l'activité synthétique en seize heures de jour, aussi bien que l'activité hydrolytique correspondante. Les variations de la température (son élévation dans la matinée jusque dans l'après-midi et son abaissement pendant la nuit) paraissent constituer une condition de milieu essentielle au maintien de l'amplitude des fluctuations journalières.

4) Enfin, lorsque l'amplitude des fluctuations journalières devient faible, à la suite de l'application de certaines températures ou de certaines longueurs de jours, l'accumulation de la chlorophylle pendant la jeunesse de la feuille est réduite ; les teneurs maxima observées sont basses ; l'hydrolyse, pendant la vieillesse, est peu marquée.

III. Nos résultats confirment l'existence chez le fraisier des quatre-saisons d'une relation entre la teneur en chlorophylle, les conditions de la culture et la floraison. Les conditions de culture qui nuisent au développement et à la floraison (jours de huit heures ; température maintenue constante à 20° C.) sont aussi celles qui maintiennent dans le limbe les teneurs les plus basses en chlorophylle.

Mais en outre, ils montrent que les teneurs basses sont le reflet d'un métabolisme chlorophyllien comprimé, caractérisé par une amplitude faible des processus de synthèse et d'hydrolyse.

Les produits d'hydrolyse, par exemple, ne sont probablement disponibles qu'en quantité réduite et il en va sans doute de même d'une façon générale de la masse des substances engagées dans le métabolisme. Cette situation semble être à l'origine du mauvais développement des plantes.

On peut supposer qu'elle résulte d'un déséquilibre entre les conditions du milieu imposé (jours courts, température constante) et les propriétés que l'espèce a historiquement acquises au cours de sa formation au contact du milieu naturel.

Laboratoire de physiologie ;
Institut de Botanique de l'Université de Liège.
Centre de Recherches des Hormones Végétales
(I. R. S. I. A.).

(1) On comparera utilement cette conclusion avec les données de Syssakian, Kobyakowa et

BIBLIOGRAPHIE

1. Bode, O. — Über Zusammenhänge zwischen CO_2. Assimilation und Photoperiodismus bei Kalanchoe blossfeldiana. *Planta* ; **33**, p. 278-289 ; 1942.

1b. Bünning, E. — Die entwicklüngs physiologische Bedeütüng der endogenen Tagesrhythmik bei der Pflangen. *Naturwiss.* ; **33**, p. 271-274, 1946.

2. Hubbenet, E. R. — Verdissement en lumière intermittente. Symposium dédié à V. N. Lubimenko, p. 43-50 ; Kiev, 1938.

3. Lubimenko, V. N. — Influence de l'intensité de la lumière sur le verdissement des plantes étiolées. *Bulletin du Jardin botanique de Petrograd*, **20**, 1921.

4. Monteverde, N. A. — *Acta Horti Petropolitani* ; **13**, 1894.

5. Roux, E. et Husson, C. — Pigments des chloroplastes et photosynthèse. *Comptes rendus Acad. Sc.* ; **234**, p. 1573-1574, 1952.

6. Sironval, C. — Recherches organographiques et physiologiques sur le développement du fraisier des quatre-saisons à fruits rouges. *Mém. Ac. Roy. de Belg.* (Cl. Sciences) ; tome **26**, fasc. 4 , 1951.

7. Sissakian, N., Kobyakora, A., et Vasilieva, N. A. — Périodicité enzymatique dans les feuilles en rapport avec le développement des organes de réserve et des organes reproducteurs. *Biochimija* ; **10**, p. 303, 1945.

8. Taranez, A. — Absorption de la lumière par la chlorophylle et rétention d'eau par les tissus en rapport avec la réaction photopériodique des plantes. *Annales Sc. Naturelles* (Botanique) ; 11e série, **110**, p. 21-27, 1950.

9. Wiesner, J. — Die Enstehung des Chlorophylls in der Pflanze, Wien, 1877.

10. Withrow, A. P. et Withrow, R. B. — Photoperiodic chlorosis in tomato. *Plant Phys.* ; **34**, p. 657-663, 1949.

Vasilieva (1945), d'après lesquelles l'amplitude du rythme journalier d'activité de différents ferments est en relation avec la longueur du jour.

Extrait de **LEJEUNIA, Revue de Botanique.**
Tome 15, 1951, pp. 51 - 54.

UN EXEMPLE DE LUTTE PHYSIOLOGIQUE CONTRE L'INFECTION

par

Cyrille SIRONVAL,

La question de la lutte contre l'infection est généralement résolue dans la pratique agricole et horticole en empruntant deux voies différentes. D'une part, on cherche à détruire les organismes pathogènes et d'autre part, on s'applique à créer des races capables de leur résister. A cet égard, nous avons été amené, au cours de l'hiver 1950-1951, à entrevoir l'importance qu'acquièrent les conditions de la pratique culturale. Ces conditions déterminent un état physiologique plus ou moins favorable, selon les cas, à la résistance de l'organisme attaqué.

* * *

La culture des diverses variétés horticoles de *Begonia semperflorens* est réputée particulièrement malaisée non seulement parce qu'elle nécessite plusieurs repiquages délicats, mais encore parce que les jeunes *Begonia* sont sujets à la destruction par diverses moisissures. Le moment le plus critique se présente lorsque les plantules — semées généralement dans la période qui va de fin décembre à fin janvier — viennent d'étaler leurs cotylédons. On constate alors que, très souvent, par zones dispersées, le semis, jusque là uniformément vert, est marqué de taches de forme ronde au centre desquelles la terre est nue et parsemée de débris mourants. Ces taches s'élargissent très rapidement ; elles envahissent en quelques heures le semis entier et le détruisent complètement. Les praticiens disent que les plantules sont attaquées par la « toile ».

La lutte contre la « toile » consiste généralement à combattre le parasite en ménageant les arrosements ; l'horticulteur espère que la sécheresse ainsi provoquée défavorisera plus fortement le champignon que les plantules ; parfois, il répand en outre des fongicides. Mais, ces méthodes, quoique fort utiles, sont loin d'être toujours décisives, et il serait souhaitable de les rendre plus efficaces en renforçant la capacité de résistance des *Begonia*. Des essais récents montrent que la chose est possible.

* * *

L'étude expérimentale des propriétés de *Begonia semperflorens* div. sp. indique clairement qu'au cours de la phase végétative du développement et dès l'étalement des cotylédons, l'application de jours longs est favorable à la plante (1). En particulier, la période comprise entre la croissance des cotylédons et celle de la première feuille dure plus ou moins longtemps selon que le jour est plus ou moins long. En jours courts, de 8 h., la plantule reste pendant près de quinze jours exclusivement munie de ses cotylédons ; la première feuille pousse au terme de cette période et sa croissance propre dure au moins une quinzaine de jours. Au contraire, en jours longs, de 16 h., la plantule étale ses cotylédons en deux ou trois jours et la première feuille grandit immédiatement, atteignant très rapidement des dimensions considérables. Il s'en suit non seulement une plus grande vigueur en jours longs, mais aussi un renforcement notable de la résistance envers la « toile ».

Ce renforcement en jours longs résulte à la fois de la rapidité exceptionnelle du développement et du mode d'action du parasite. Ce dernier, en 16 h. aussi bien qu'en 8 h. de jour, commence son attaque, et, dans les deux cas, l'attaque détruit d'abord la racine principale de beaucoup d'individus. Mais ensuite, en jours courts, le champignon monte rapidement le long de l'hypocotyle, envahissant progressivement les cotylédons qui s'affaissent sur le sol humide (l'ensemble de ce processus dure quelques jours et, dans ce laps de temps, les plantules meurent les unes après les autres) tandis qu'en jours longs, la destruction de la racine principale est accompagnée d'une néoformation radiculaire à la base

(1) Cf. C. SIRONVAL : Essai sur la floraison de **Begonia semperflorens** Link. et Otto. dans le Phytotron. Bull Soc. Roy. Sc. Liège, 8-9-10, pp. 523-537, 1951.

de l'hypocotyle si abondante (2 à 3 racines) et si rapide que les plantules restent dressées sur le substrat ; la progression de la moisissure en est fortement ralentie, d'autant plus que la présence de racines nombreuses permet de vivre dans un milieu relativement désséché. Dans ces conditions, les plantules en jours longs étalent leurs vigoureuses feuilles successives et poursuivent généralement un développement convenable.

Cet effet remarquable est susceptible de faciliter grandement le travail du praticien. Combiné avec les moyens traditionnels, il permet une intervention plus sûre contre la maladie. Pour l'obtenir, il suffit de prolonger la durée normale du jour d'hiver par un appoint de lumière artificielle.

UNIVERSITE DE LIEGE
Institut de Botanique
Laboratoire de Phystologie végétale
Centre national de recherches
des Hormones végétales (I. R. S. I. A.)

Extrait de **LEJEUNIA, Revue de Botanique.**
Tome 15, 1951, pp. 55 - 58.

A PROPOS DES DIFFICULTÉS DE LA CULTURE D'HIVER DE *FRAGARIA VESCA* L. var. *SEMPERFLORENS* Duch.

par

Cyrille SIRONVAL

Le fraisier des quatre-saisons à fruits rouges (*Fragaria vesca* L. var. *semperflorens* Duch.) est normalement semé dans notre pays au début du mois de mai, à un moment où les jours tendent à s'allonger ; son développement se déroule en jours longs (plus de 15 heures) pendant le printemps et l'été. Le praticien sème rarement en dehors de la période normale (mai), et, en tout cas, il n'effectue jamais de semis durant l'hiver, parce qu'à cette époque la culture des plantules est extrêmement difficile.

Les difficultés rencontrées dans les semis effectués l'hiver semblent liées au fait que la longueur des jours a, dès la germination, une forte influence sur le développement du fraisier (Sironval, 1951, **3**). Il ne fait aucun doute que les jours courts — en particulier ceux de l'hiver — ont un effet défavorable sur la culture. Cependant, d'autres facteurs sont susceptibles de nuire au semis. Récemment, Bunning (**1**) a attiré l'attention sur l'existence d'un rythme endogène annuel dans la préparation des graines à la germination. D'après Bunning, les graines présentent selon les saisons, une aptitude plus ou moins grande à la germination, et on peut admettre que dans une certaine mesure le comportement des plantules dépend de l'état des graines dont elles proviennent (voir Sironval, 1951, **4**). Il est donc possible que les semis d'hiver échouent, non seulement parce qu'ils reçoivent des jours courts, mais encore parce que les graines semées l'hiver (en novembre,-décembre, par

exemple), étant mal préparées à germer, donnent des plantules anormales.

* * *

L'expérience suivante tend à éclaircir ce point.

Nous semons en hiver (novembre) des graines de *Fragaria vesca* L. récoltées en juillet de la même année (saison normale de la récolte) et nous faisons deux séries : l'une reçoit des jours courts (naturels) d'hiver ; l'autre, des jours artificiels de 16 heures. Les deux séries sont placées dans les installations du Phytotron R. Bouillenne de l'Université de Liège et elles reçoivent toutes deux la même température constante de 20° C (à 1° C près) ; l'air ambiant contient le même degré d'humidité maintenu constant (80 %).

Dans les deux séries, la germination a lieu 8 jours après le semis ; les cotylédons s'étalent en même temps partout. Mais, dès l'apparition des premières feuilles, une distinction s'établit. La série en jours naturels d'hiver présente une croissance en retard par rapport à la série en jours artificiels de 16 heures ; par exemple, au moment où la cinquième feuille se déploie chez les plantes en 16 heures de lumière artificielle, la quatrième feuille commence à peine à croître en jours naturels d'hiver chez les individus les plus vigoureux (Pl. 9).

Puis, progressivement, d'autres différences se manifestent. La couleur des jeunes limbes devient nettement plus sombre en 16 heures. Les dimensions des feuilles adultes accusent des divergences : en 16 heures artificielles, la largeur et la longueur du limbe de la troisième feuille, par exemple, mesurent toutes deux 11,5 mm., tandis qu'en jours naturels d'hiver, elles sont réduites l'une et l'autre à 4,5 mm.

Enfin, les processus de néoformation radiculaire — qui, chez le fraisier des quatre saisons, se font en plusieurs étapes (voir C. Sironval, 1951, **3**) — se déroulent plus ou moins bien selon les conditions de la culture. En 16 heures de lumière artificielle, la néoformation a lieu normalement : en particulier, au moment où la troisième feuille de la plantule s'étale, une racine apparaît au nœud cotylédonnaire et d'autres racines se forment par la suite en grand nombre au même endroit (Pl. 9, b). Par contre, en jours naturels d'hiver, les racines cotylédonnaires croissent avec d'extrê-

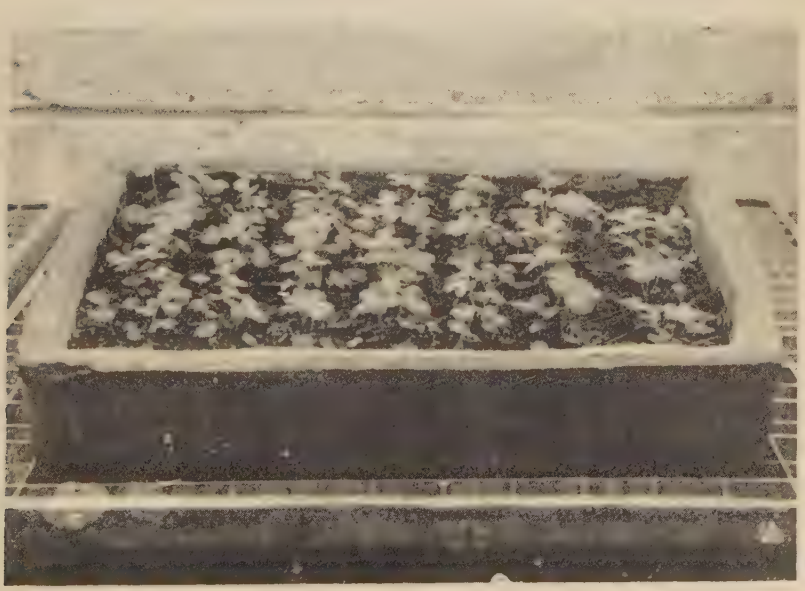
(a) (b)

FRAGARIA VESCA L. var. *SEMPERFLORENS* DUCH.

Plantules de même âge, mais cultivées : en (a), en jours naturels d'hiver en (b), en jours artificiels de 16 h.

Les flèches indiquent les racines cotylédonaires

Fig. 1 : Plantules de *Fragaria vesca* var. *semperflorens* cultivées en jours naturels d'hiver; 20° constants. Après un mois et demi de culture, les plantules meurent.



ig. 2 : Plantules cultivées en jours artificiels de 16h; 20° constants. Après un ıois et demi de culture, les plantules se portent bien.

mes difficultés. La Pl. 9 montre en (a) deux plantes, pourtant munies de trois feuilles et qui n'en présentent pas. La plupart des plantes ne néoforment aucune racine même après avoir porté cinq ou six feuilles.

Dans ces conditions, en jours naturels d'hiver, les plantules sont chétives et faibles ; elles finissent par mourir. Le stade de sept feuilles, toutes semblables, monofoliées, découpées par six à sept dents, est rarement dépassé. Les individus disparaissent les uns après les autres, mortellement affaiblis, particulièrement sujets à l'attaque par les moisissures les plus diverses (Pl. 10, fig. 1). Pendant ce temps, en 16 heures de lumière artificielle, les plantules du même âge continuent à prospérer. Elles portent huit feuilles dont les formes indiquent un développement normal (Pl. 10, fig. 2). Certaines moisissures tentent bien de se propager, mais sans succès. L'ensemble du semis est sain et contraste étonnamment avec la désolation qui règne en jours naturels d'hiver. Cet état remarquable persiste tout au long de la phase végétative de vie.

* * *

Les résultats sont clairs : c'est la courte durée du jour d'hiver qui détermine la faiblesse — puis la mort — des plantules de *Fragaria vesca* L. var. *semperflorens* Duch. cultivées dans cette saison. Par lui-même, le seul fait que l'époque du semis est anormale n'explique pas la mort, puisque, si on allonge artificiellement la durée de l'éclairement quotidien, les plantules se portent bien. La culture difficile dans les jours naturels et courts de l'hiver n'est donc sûrement pas due à l'existence du rythme endogène que Bunning a par ailleurs mis en évidence dans la préparation des graines de quelques espèces à la germination.

* * *

NOTE :

Dans un article qui nous est parvenu en cours d'impression, E. BUNNING et L. MUSSLE (1951-2) citent des essais réalisés par Mlle MERGENTHALER sur **Fragaria vesca** L., et selon lesquels des plantules élevées à partir d'un semis fait en des saisons anormales (zu « anomalen Zeiten ») ne purent être amenées à se développer ; elles moururent toutes, malgré les soins prodigués. Le professeur

BUNNING nous a aimablement communiqué — et nous l'en remercions vivement ici — que les essais de Mlle MERGENTHALER ont été réalisés à la température constante de 24° C. et à la lumière artificielle. La mort des plantules a été observées dans les semis de juin, juillet et août, mais, pendant les autres mois, les semis se sont développés normalement. Cette dernière constatation confirme entièrement notre affirmation selon laquelle les échecs rencontrés dans la pratique des semis d'hiver sont dus à la longueur insuffisante des jours régnant à cette époque.

UNIVERSITE DE LIEGE
Institut de Botanique
Laboratoire de Physiologie végétale
Centre national de Recherches
des Hormones végétales (I. R. S. I. A.)

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

1. E. Bunning — Z. *Naturforschg.*, 4 b, 167, 1949.
2. E. Bunning et L. Mussle — Z. *Naturforschg.*, 6b, 108, 1951.
3. C. Sironval — *Mém. Acad. Roy. Sc. Belg. (Cl. Sciences)*, 26, fasc. 4, 1951.
4. C. Sironval — *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg.* (à paraître), 1951.

Extrait du Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège
N° 11 — 1952

Sur la détermination du sexe chez Cannabis sativa dans les conditions expérimentales du Phytotron de Liège

par J. PETIT (*)

Introduction

Nous exposons dans cet article quelques résultats sur la détermination du sexe chez le Chanvre dans des conditions parfaitement contrôlées. Celles-ci sont obtenues dans les installations du Phytotron de l'Université de Liège construit, grâce aux subventions de l'I. R. S. I. A. On sait que cet appareil permet à la fois un règlage de la température, de l'humidité de l'air, de la longueur des jours, de la qualité et de l'intensité de la lumière.

Notre étude rentre dans le cadre plus général que R. Bouillenne a défini comme suit en 1934 : « Les éléments qui font évoluer les plantules d'une espèce dioïque fondamentalement unisexuée, les unes vers des individus portant des fleurs mâles, les autres vers des individus portant des fleurs femelles, existent-ils déjà dans l'embryon ou la spore, ou bien subissent-ils l'influence des facteurs extérieurs ? »

Déjà dès la seconde moitié du XIX^{e} siècle et au début du XX^{e} siècle, de nombreux expérimentateurs ont tenté de résoudre le problème de la détermination du sexe en agissant sur les facteurs extérieurs et notamment sur la teneur en sels du sol. Très souvent, la plante utilisée au cours des expériences était le Chanvre qui est normalement dioïque, à plantes mâles et femelles.

Les résultats obtenus en travaillant sur les qualités nutritives du sol ne furent guère démonstratifs : aucun chercheur n'est parvenu par ce moyen à modifier le sexe. Cependant Molliard en 1897, puis Tournois en 1913, ont réussi à obtenir des Chan-

(*) Présenté par R. Bouillenne et C. Sironval.

vres de petite taille, formant peu de feuilles et à fleurs irrégulières et de sexe anormal : hermaphrodites. D'après MOLLIARD, la formation des fleurs hermaphrodites anormales a lieu lorsque l'intensité de la lumière qui éclaire les plantes est faible. Mais selon TOURNOIS, ces changements se produisent en relation avec l'époque du semis des plantes; cet auteur remarque que seuls les semis effectués en février donnent des Chanvres hermaphrodites; il pense qu'outre la courte durée des jours de février, la température et l'état hygométrique de l'air joueraient aussi un rôle.

Tout récemment, BOUILLENNE a démontré, dans des expériences encore inédites, qu'on peut modifier le sexe mâle ou femelle de *Mercurialis annua* en faisant varier la teneur en oxygène de l'air ambiant. Il a réussi dans certains cas à obtenir ainsi la formation de plantes de Mercuriale hermaphrodites, se comportant au point de vue de leur sexe, comme l'espèce méditerranéenne *Mercurialis ambigüa*.

Nous sommes parti des expériences de TOURNOIS et de MOLLIARD sur le Chanvre et en particulier de l'observation de TOURNOIS d'après laquelle l'hermaphroditisme n'apparaît jamais que sur des plantes très petites, munies de peu de feuilles et surtout fleurissant tôt. Nous avons décidé de rechercher s'il n'était pas possible de changer le sexe en agissant sur la durée du développement et en hâtant la floraison.

Pour cela, nous avons cru nécessaire d'étudier d'abord la plante dans tout le cours de son développement normal. Ensuite, nous avons réalisé des expériences visant à accélérer la floraison.

RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Nous semons 100 graines de Chanvre dans le Phytotron à 20° C. constants et à la lumière artificielle de tubes fluorescents et de lampes à incandescence. Cet éclairage donne, à la hauteur du semis, une intensité lumineuse de 5000 à 6000 lux environ. L'humidité de l'air s'élève à 80 %. Les graines sont semées dans du terreau léger. Les arrosages ont lieu deux fois par jour.

I. — *Comportement normal des plantes en 16 heures d'éclairement*

Dans ces conditions, nous obtenons un développement qui permet l'expression normale des sexes mâle et femelle et qui correspond en ce qui concerne ses modalités et sa durée à ce qu'on observe en plein champ dans la grande culture.

On constate que 3 à 4 jours après le semis, la plupart des graines semées présentent un hypocotyle perçant la surface du sol. Les différends entre-nœuds qui surmontent successivement l'hypocotyle sont souvent longs, atteignant fréquemment 10 centimètres de hauteur. Ils portent des feuilles souvent opposées. Après la formation de 8 à 14 entrenœuds selon les individus, les premiers boutons floraux apparaissent au sommet de l'axe. La plante atteint ensuite progressivement la hauteur maxima de un mètre cinquante à deux mètres.

Si l'on examine les feuilles fixées le long de la tige, on constate que leur forme se complique d'abord de nœud à nœud : le nombre de folioles augmente et la dentelure qui découpe le bord du limbe se complique. Généralement, entre le 8^{me} et le 14^{me} nœud, on rencontre une série de feuilles de même forme, à sept ou neuf folioles. Ensuite, vers le 10-18^{me} nœud, selon les individus, les limbes se simplifient brusquement et ils deviennent toujours alternes l'un par rapport à l'autre. La simplification coïncide avec la période de floraison.

Lorsque la floraison se déclenche, un mois à un mois et demi s'est écoulé depuis le jour du semis. On constate alors que *toutes les plantes sont mâles ou femelles*. Il y a 50 % de mâles et 50 % de femelles. Les plantes mâles ont leurs fleurs disposées en petites grappes le long des ramifications de la tige principale ; l'ensemble de ces ramifications constitue une inflorescence en panicule. Les plantes femelles ont leurs fleurs disposées en glomérules à l'aiselle des feuilles de l'axe principal.

On peut alors se rendre compte que chaque plante présente des caractères sexuels permettant de distinguer les mâles des femelles avant la floraison. *L'évolution de la forme des feuilles aboutit en effet chez les femelles à des limbes dont la dentelure est presque toujours plus compliquée que chez les mâles. De même,*

la durée du développement est également liée au sexe : les mâles fleurissent plus tôt que les femelles. La floraison hâtive des mâles correspond au ralentissement de la progression de la forme des feuilles à partir du 5e — 6e nœud.

La relation entre la durée du développement des plantes et leur sexe confirme notre idée qu'en agissant expérimentalement sur cette durée, il serait aussi possible d'agir sur le sexe.

II. — *Application de jours de 8 heures d'éclairement*

Nous avons essayé d'accélérer le développement et de hâter la floraison en appliquant des jours courts. Nous travaillons dans le Phytotron dans les conditions qui sont exactement celles décrites précédemment. Nous semons deux séries de graines, l'une en jours courts de 8 heures, et l'autre en jours longs de 16 heures. Cette dernière série sert de témoin.

Le diagramme I indique que la croissance des entrenœuds est beaucoup plus faible en jours courts qu'en jours longs ; les entrenœuds sont environ deux fois plus courts en 8 heures d'éclairement.

La courte dimension des entrenœuds en jours courts explique

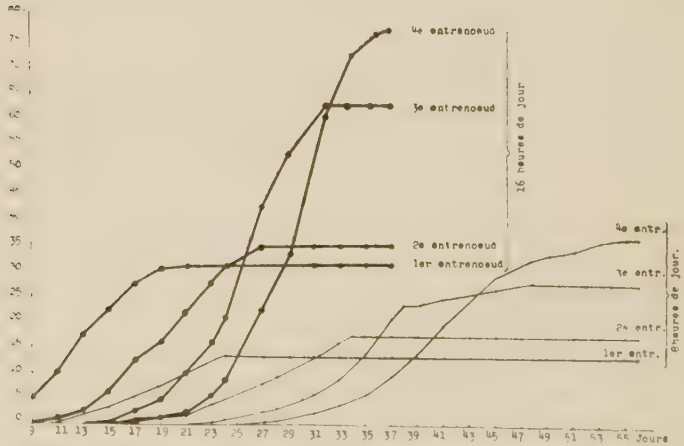


Diagramme I. Effet de la longueur des jours sur la croissance des entrenœuds des Chanvres cultivés dans le PHYTOTRON.

qu'au total les plantes restent beaucoup plus petites qu'en jours longs : leur hauteur ne dépasse pas quarante centimètres.

La faible intensité de la croissance concerne aussi les dimensions des limbes, la longueur des pétioles, l'épaisseur des tiges. La figure 1 représente des Chanvres cultivés en 8 heures d'éclairement journalier depuis le jour du semis. On remarque que les plantes sont malingres, petites, et ont seulement une dizaine de petites feuilles. La figure 2 représente des Chanvres de même âge que les précédents, mais cultivés cette fois en 16 heures d'éclairement, depuis le jour du semis. On remarque que, contrairement aux Chanvres cultivés en 8 heures d'éclairement, les plantes sont puissantes, ont une taille élevée et de nombreuses grandes feuilles.

Si l'on considère la forme des feuilles successives formées par les activités du méristème principal, on constate qu'en 8 heures, le nombre de folioles ne dépasse jamais 5, alors qu'en 16 heures, le nombre va jusqu'à 7 ou 9. De plus, en 8 h., la forme à 5 folioles est atteinte à un niveau beaucoup plus bas qu'en 16 h. : au 4^{me} nœud, au lieu du 8^{me} nœud.

Les feuilles qui apparaîssent ensuite en 8 heures, au-delà du 4^{me} nœud, deviennent alternes et ont une forme qui se réduit de nœud à nœud jusqu'à devenir bractéiformes. Les feuilles réduites portent à leur aisselle des boutons floraux. *C'est la floraison*. Celle-ci se produit donc hâtivement sur des plantes très petites (Fig. 1). On retrouve, ainsi obtenue expérimentalement, l'attitude très curieuse des plantes pédocarpiques qui ont été longuement étudiées dans la nature par divers auteurs sans qu'ils aient pu déterminer les raisons écologiques du phénomène (A. Gravis).

Au moment de leur floraison, les plantes cultivées en 8 h. portent quatre à six paires de feuilles et sont âgées de trois à quatre semaines. A ce même âge, les plantes cultivées en 16 h. doivent encore former plusieurs paires de feuilles (au moins quatre) avant de fleurir une quinzaine de jours plus tard.

Quant au sexe des plantes, il est nettement modifié par la courte durée de l'éclairement : en 8 heures, les plantes sont hermaphrodites ou femelles; il n'y a plus de mâles.

Photo : R. Sauveur

FIG. 1. Aspect de Chanvres cultivés en 8 h. au moment de leur floraison. (réduit 10 ×)

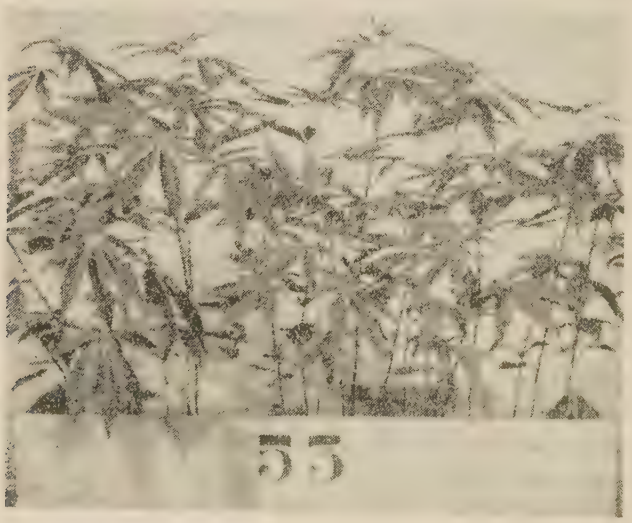


Photo : R. Sauveur

FIG. 2. Des Chanvres de même âge cultivés en 16 h.
(même réduction que ci-dessus.)

L'accélération du développement et la hâtivité de la floraison en 8 heures est donc accompagnée de la formation de fleurs hermaphrodites.

Photo : R. Sauveur

FIG. 3. Une inflorescence hermaphrodite en 8 heures de jour. (Grossissement 2/1).

Il y a 50 % d'hermaphrodites et 50 % de femelles. On pourrait supposer que les hermaphrodites proviennent d'une féminisation des mâles, puisque le pourcentage des hermaphrodites et des

femelles en 8 heures correspond au pourcentage des mâles et des femelles en 16 heures.

La figure 3 représente un épi hermaphrodite formé en 8 heures de jour : on remarque que les fleurs sont fort irrégulières et qu'elles possèdent à la fois des étamines et des styles.

En dehors de la forme des fleurs, les plantes femelles et hermaphrodites se différencient en outre par certaines caractéristiques morphologiques.

Chez les plantes hermaphrodites, la progression du nombre de dents des feuilles de nœud à nœud est nettement plus faible que chez les femelles.

Cette évolution comprimée de la forme des feuilles correspond à une floraison plus hâtive : *celle-ci se produit d'abord chez les plantes hermaphrodites.*

III. — *Application de jours courts à différentes étapes du développement*

La relation étroite existant entre le sexe du Chanvre et la durée journalière d'éclairement qu'il reçoit, nous a suggéré l'idée de poser la question suivante : l'hermaphroditisme est-il déterminé par la courte photopériode peu après la germination, ou l'est-il plus tard pendant la croissance de la plante, voire au moment même de la floraison ?

Afin de répondre à cette question, nous avons cultivé, d'une part, des plantes en jours courts de 8 heures jusqu'à divers stades du développement à partir desquels nous les transportons en jours longs, et d'autre part, nous cultivons d'abord en jours longs, puis nous transportons en jours courts.

Nous opérons dans le Phytotron, dans les mêmes conditions que celles des expériences précédentes.

Voici les résultats obtenus :

a) *Voyons d'abord ce qui concerne la croissance.*

Lorsque les photopériodes courtes sont appliquées dès le semis et pendant 10 jours, la croissance en jours longs est analo-

gue à celle observée chez les plantes témoins cultivées en jours longs de 16 heures.

Si l'application des jours courts dès le semis dure 20 jours, on constate qu'au moment du transfert, les plantes présentent au maximum trois entrenœuds en train de croître, et elles mesurent à peine 10 cm. Après le transfert en jours longs, la croissance reprend très active et la plante atteint finalement une taille analogue à celle des plantes témoins en 16 heures (soit 1,5 m. à 2 m. environ).

Si l'application des jours courts dès le semis dure 41 jours, on constate que toutes les plantes au moment du transfert mesurent 20 à 30 cm. de haut. Après le transfert, en 16 heures, la croissance reprend impétueuse et violente. Cette reprise de croissance active n'affecte pas seulement le méristème principal, mais elle affecte aussi la plupart des bourgeons axillaires latents. La tige principale des individus transférés atteint au maximum 1,50 m de haut. Cette taille est inférieure à celle des témoins en 16 heures qui atteignent fréquemment 2 m de haut.

Lorsqu'on applique les photopériodes courtes après que les Chanvres ont séjourné pendant 30 jours en jours longs, on constate que les Chanvres, qui au moment du transfert mesuraient 25 à 35 cm. ralentissent fortement leur croissance : à la fin de leur vie, les Chanvres transférés mesurent 70 à 80 cm. au maximum, alors que les témoins en 16 h. atteignent 1,50 m. à 2 mètres. Cette différence dans la croissance totale de la plante provient du fait que les transférés forment peu d'entrenœuds en 8 heures.

Si le transfert de 16 heures en 8 heures est réalisé 60 jours après le semis, on constate qu'au moment du transfert les Chanvres ont à peu près atteint leur hauteur finale. Après le passage en 8 heures, la croissance des Chanvres s'achève avec un certain retard. Finalement, les plantes traitées atteignent la même hauteur que les plantes témoins.

On constate donc que l'application de jours courts provoque dans tous les cas un ralentissement de la croissance.

b) *En ce qui concerne le développement,* on constate que les jours

courts produisent un effet qui dépend des circonstances de l'application.

Si la plante a été éclairée par des jours courts durant les 10 premiers jours de la culture, les plantes transférées se développent de la même façon que les témoins en 16 heures : d'une façon générale, *le développement en jours longs n'est pas influencé si l'application des jours courts dure moins de 10 jours.*

Si l'application des jours courts dès le semis dure 20 jours, on arrive pratiquement au même résultat : il n'y a que des différences de détail.

Mais, par contre, si les photopériodes courtes sont appliquées pendant les premiers 41 jours de la culture, les résultats sont tout différents. Remarquons d'abord qu'au moment du transfert les plantes sont en floraison.

Après le transfert en jours longs, la floraison cesse et la plante reprend une croissance exclusivement végétative; elle forme d'abord de nouvelles feuilles, souvent alternes, grandes, fort simples, trifoliées, puis bi- et monofoliées, parfois dépourvues de dents, et en tous cas à dentelure progressivement moins compliquée de nœud à nœud jusqu'au 8me nœud environ. Certains limbes sont contournés, plissés très fortement et on constate un verdissement intense.

Ensuite, au-delà du 8me nœud, les feuilles deviennent plus compliquées jusqu'à atteindre progressivement la forme adulte caractéristique des jours longs. A ce moment, une nouvelle floraison apparaît, cette fois en 16 heures.

Si le transfert s'effectue de jours longs en jours courts, le 30e jour de culture, c'est-à-dire vers la fin du développement de la plante en jours longs, on constate qu'au moment du passage en 16 heures, les Chanvres présentent sept à neuf entrenœuds porteurs de feuilles. Après le transfert, le méristème de la tige principale élabore de nouvelles feuilles; mais, au lieu de se compliquer de plus en plus comme c'est le cas chez les témoins en 16 heures, elles deviennent brusquement plus simples et plus petites et on aboutit tout de suite à la floraison. Dès le 8e — 9e nœud, les bourgeons forment des fleurs, tandis que les

bourgeons de ce niveau chez les témoins en 16 heures sont tout à fait végétatifs.

Enfin, si le transfert a lieu de 16 heures en 8 heures le 60e jour de culture, les plantes traitées sont déjà fleuries au moment de leur transfert et elles continuent à fleurir.

Les jours courts ont donc pour effet de hâter dans tous les cas la floraison, tandis que les jours longs la retardent.

c) *En ce qui concerne le sexe*, on constate que si le transfert a lieu de jours courts en jours longs dix jours après le semis, le sexe des Chanvres transférés en jours longs est mâle ou femelle, exactement comme chez les témoins en jours longs.

De même, si le transfert des Chanvres a lieu de jours courts en jours longs 20 jours après le semis, on aboutit à une conclusion analogue : le sexe des Chanvres transférés est mâle ou femelle comme chez les témoins en 16 heures.

Mais, si le transfert a lieu de jours courts en jours longs au 41e jour de semis, on constate que les plantes en fleurs qui étaient hermaphrodites au moment du transfert, présentent après leur transfert en 16 heures une seconde floraison, cette fois, mâle, et non plus hermaphrodite. Par contre, les plantes femelles en jours courts restent femelles en jours longs.

Si le transfert a lieu de jours longs en jours courts, 30 jours après le semis, certaines plantes donnent d'abord des fleurs mâles et ensuite des fleurs hermaphrodites. Ce résultat ne se présente jamais chez les témoins en 16 heures.

Si le transfert s'effectue de jours longs en jours courts 60 jours après le semis, la floraison apparue en 8 heures est mâle ou femelle comme chez les témoins en 16 heures.

On conclut de ces faits que les jours courts ont une action sur le sexe de la plante quand ils sont appliqués au moment de la floraison et qu'ils n'ont pas du tout d'effet lorsqu'on les applique dans les premiers jours qui suivent le semis ou après la floraison.

Il importe d'insister sur le fait que certaines plantes seulement sont capables de changer leur sexe, c'est-à-dire de devenir hermaphrodites. Les plantes femelles ne sont pas affectées par la longueur des jours; seules les plantes mâles se transforment

en hermaphrodites. *Les jours courts déterminent donc l'hermaphroditisme uniquement chez les plantes qui sont normalement mâles en jours longs.*

Résumé

Notre travail met en évidence les faits principaux suivants :

1) Le chanvre, lorsqu'il se développe en jours longs de 16 heures, pousse pendant un mois à un mois et demi, donnant des feuilles de plus en plus compliquées (jusqu'à neuf folioles), puis fleurit.

2) Le sexe des plantes est mâle ou femelle. Il y a 50 % de mâles et 50 % de femelles.

3) En jours courts de 8 heures, la floraison est beaucoup plus rapide. Elle se produit trois à quatre semaines après les semis.

4) La rapidité plus grande du développement en 8 heures coïncide avec une évolution particulière de la forme des feuilles; celles-ci n'atteignent pas la complication qu'on observe en 16 heures de jour (elles ont au maximum cinq folioles).

5) Le sexe en jours courts est hermaphrodite ou femelle. Il y a 50 % d'hermaphrodites et 50 % de femelles.

6) Durant les premiers stades du développement, la longueur des jours ne semble pas agir sur le sexe. Elle est cependant déterminante peu avant la floraison.

7) Les plantes hermaphrodites en 8 heures de jour sont toujours mâles en 16 heures : le traitement par jours courts provoque une féminisation des mâles.

Les expériences sur la détermination du sexe chez le Chanvre peuvent être d'un grand intérêt pratique. Il peut être économiquement utile de modifier chez le Chanvre le pourcentage

des plantes mâles et femelles : les mâles ont des fibres de grande qualité, et les femelles sont recherchées pour leurs graines.

D'une façon générale d'ailleurs, on accorde actuellement, en agriculture et en horticulture, un grand intérêt au contrôle de la floraison et du sexe des plantes.

Il serait donc très intéressant de poursuivre l'étude du problème de la détermination du sexe en poussant davantage les techniques que nous avons esquissées dans ce travail.

Institut de Botanique de l'Université de Liège.
Laboratoire de Physiologie végétale et Centre de Recherches des Hormones Végétales (I.R.S.I.A.)

BIBLIOGRAPHIE

R. Bouillenne et Bouillenne-Walrand — La sexualité et les oxydations cellulaires chez Mercurialis annua L. — *Bull. Acad. Roy. Belg.* 17 p. 1047; 1930.

Oxydations respiratoires et teneur en sucre dans les deux sexes de Mercurialis annua L. — *Cl. des Sci.* 18, p. 980; 1931.

M. Molliard — Sur la détermination du sexe chez le Chanvre. — *C. R. Ac. Sci.*, t. 2. p. 792; 1897.

J. Tournois. — Influence de la lumière sur la floraison du Houblon japonais et du Chanvre. — *C. R. Ac. Scie.* t. 155, 4, p. 297; 1912.

A. Gravis. — Contribution à l'étude des variations. Nanisme et Pédocarpisme du *Plantago Coronopus L.* — Les Presses Universitaires de France, Paris; 1932.

14713 Centerlock

Etude d'un nouveau type d'éclairage fluorescent pour la culture en serre

(Laitues d'hiver et de printemps, Choux, Tomates)

PAR

R. BOUILLENNE et M. FOUARGE.

Extrait du « Bulletin Horticole », Liège.
Tome VIII. - N° 3. - Mars 1953.

DEPUIS SA CONSTRUCTION EN 1950, le « Phytotron » de Liège a permis d'entretenir automatiquement sans interruption, dans les diverses einte — serre et chambres noires — le composent, des conditions de milieu erminées à l'avance. Les niveaux des teurs contrôlables (température, humi- de l'air, vitesse du vent) ont été main- us constants (à ± 1° C. près pour la pérature) quels que soient la saison et emps à l'extérieur.

Mettant à profit la précision exception- e de cet appareillage, le Centre de cherches des Hormones Végétales a repris depuis deux ans l'étude systéma- ue des actions de la lumière artificielle certaines plantes d'intérêt pratique.

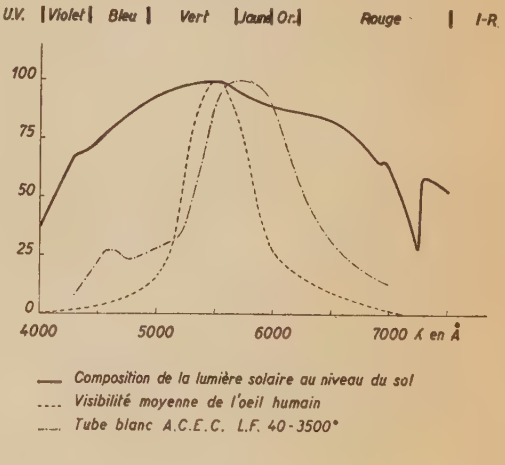
D'une part, des recherches intéressant le otopériodisme et l'intensité lumineuse sur cultures de Fraisiers et de Bégonias nèrent des résultats à ce point remar- bles qu'ils autorisèrent la mise sur pied ne expérience de grand style, chez un ticulteur spécialisé dans la culture des onias (R. Bouillenne et C. Sironval, *letin horticole*, décembre 1952).

D'autre part, plusieurs séries d'expérien- sur Laitues, Choux et Tomates, ont été anisées en vue de déterminer les lon- urs d'ondes et les intensités d'éclairement orables à la croissance de ces plantes, ant dans ce cas notre attention sur la lité de l'éclairement plutôt que sur le otopériodisme [1].

*
* *

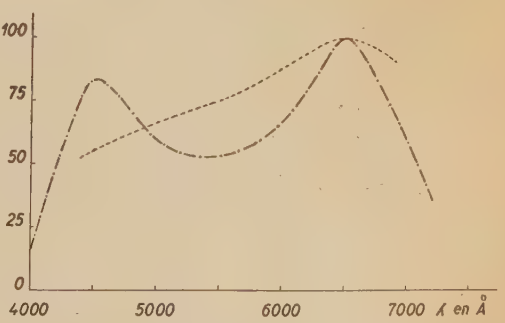
On sait depuis longtemps que les radia- s lumineuses qui agissent le plus efficacement sur la photosynthèse et par conséquent sur la croissance ne sont pas celles qui impressionnent le plus favorablement l'œil humain. Ce sont les rayons rouges-orangés et les rayons bleus qui jouent classiquement le rôle essentiel dans la photosynthèse végétale. (Diagrammes I et II.)

DIAGRAMME I



— Composition de la lumière solaire au niveau du sol
.... Visibilité moyenne de l'oeil humain
_.._ Tube blanc A.C.E.C. L.F. 40-3500°

DIAGRAMME II



_.._.. Efficacité photosynthétique (HOOVER 1936)
------ Efficacité photosynthétique (GABRIELSEN 1948)

[1] Nous remercions Mlle Lomba, MM. Sylvestre, Yans et d, pour le soin avec lequel ils ont entretenu les cul- et procédé à diverses observations.

Les tubes fluorescents, que nous avons utilisés au début, étaient des tubes commerciaux de marques diverses. Etant confectionnés d'après les caractéristiques moyennes de la visibilité de l'œil, ils comportent peu de radiations rouges et peu de bleues. (Diagramme I.)

Nous avons corrigé cette déficience en radiations rouges par des lampes à incandescence en nombre approprié, comme le Professeur Went en a installé dans son « Phytotron », aux Etats-Unis. Ces lampes à incandescence présentent malheureusement l'inconvénient d'échauffer fortement l'atmosphère.

Nous avons cherché à les remplacer par des tubes fluorescents roses, dépourvus d'infra-rouges. Nous avons trouvé dans la réalisation de ce projet une aide généreuse et efficace de la part des A. C. E. C., de Charleroi. Des tubes rouges dits spéciaux ont été construits d'après nos désidérata.

En ce qui concerne les corrections nécessaires pour les radiations bleues, nous avons utilisé comme point de départ le type blanc normal A. C. E. C. L. F. 40-3.500. En chambre noire, ce type de tube produit des plantes étiolées ; mais en serre, ce même éclairage artificiel, fonctionnant pendant 16 heures en complément de la lumière du jour, active nettement la croissance. On peut en conclure que la lumière du jour ajoute au spectre des tubes L. F. 40-3.500 des radiations indispensables.

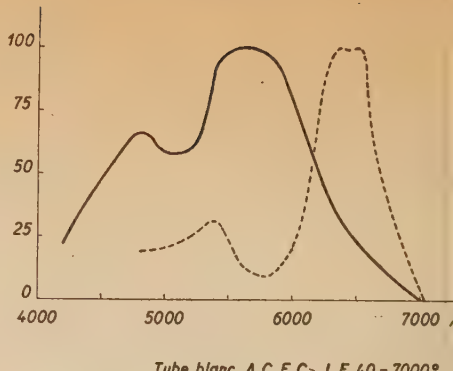
Le type « lumière du jour » A. C. E. C. L. F. 40-7.000 est plus riche en bleu que le précédent. Il donne des plantes se rapprochant des caractères normaux.

En combinant des nombres variables de tubes donnant plus ou moins de bleu ou de rouge, nous avons constitué des types d'éclairage se rapprochant le plus possible de la lumière naturelle. (Diagramme III.) Il s'agit évidemment pour nous de rechercher dans la lumière naturelle les régions du spectre dont les expériences des physiologistes ont montré qu'elles sont fondamentalement actives dans la Photosynthèse et le Photopériodisme et que la Commission hollandaise pour l'étude de l'éclairage artificiel reprend dans son classement des diverses qualités lumineuses.

*
* *

Nous relaterons ici trois essais avec Laitues, Choux, Tomates (Laitue d'hiver *Passion blonde* ; Laitue de Printemps *Reine de Mai* ; Chou rouge *Gros d'Erfurt* ; Tomate

DIAGRAMME III



—— Tube blanc A.C.E.C. L.F. 40 - 7000°
----- Tube A.C.E.C. "Rose spécial"

Joffre.) Ces essais ont été entrepris milieu conditionné afin d'examiner le portement de ces plantes sous div combinaisons d'éclairage.

Nous avons jusqu'à présent limité étude à l'éclairage artificiel par tubes rescents, nous réservant de comparer résultats aux rendements que donnera, des conditions strictement identiques lampe à vapeur de mercure à haute pre H. O. 2.000 (450 W.), qui est utilisé Hollande [1].

RECHERCHES EN VUE DE COMPLETER LE SPECTRE DES TUBES COMMERCIAUX AFIN DE LES ADAPTER AUX BESOINS DE LA CROISSA DE CERTAINES PLANTES

Premier Essai

Les semis datent du 7 février 1952 sont disposés dans le « Phytotron », r tenu à une température constante de avec 80 % d'humidité. La lumière est née de la manière suivante :

1. **Dans la serre** : témoins ; les plantes reç la lumière naturelle des jours de f (durée quotidienne, en moyenne 10 res).
2. **Dans la serre** : plantes traitées ; elles reç en plus de la lumière naturelle un éc ment artificiel (8 tubes blancs L. F 7.000 et 2 « rose spécial », pendant 16 res par jour, tablettes distantes de 60
3. **Dans une chambre noire** : (également 2 et 80 % d'humidité), les plantes reç uniquement la lumière artificielle, c tuée comme en 2. (8 tubes blancs 40-7.000 et 2 tubes « rose spécial », dant 16 heures par jour, tablettes dis de 60 cm.)

1. L. VAN DER LINDEN : « L'influence de la artificielle dans la cultures des Tomates », *Le Horticole*, Liège, Nouv. Série 8, n° 1, janvier 195

Semis du 7 février 1952	APRÈS 24 JOURS : ECLAIRAGE NATUREL — Seul Témoin — Jours de Février — Jours moyens 10 h.	APRÈS 24 JOURS : ECLAIRAGE NATUREL — Augmenté de lumière artificielle — 8 tubes 7.000 2 t. « rose spécial » — 16 h.	APRÈS 24 JOURS : ECLAIRAGE ARTIFICIEL SEUL — 8 tubes 7.000 2 tubes « rose spécial » — 16 h.	APRÈS 24 JOURS : ECLAIRAGE ARTIFICIEL SEUL — 8 tubes 7.000 2 tubes « rose spécial » — 8 h.	APRÈS 60 JOURS : ECLAIRAGE NATUREL — Seul Témoin — Jours de Mars-Avril — Jours moyens 12,30 h.	APRÈS 60 JOURS : ECLAIRAGE NATUREL — Augmenté de lumière artificielle — 8 tubes 7.000 2 t. « rose spécial » — 16 h.	APRÈS 60 JOURS : ECLAIRAGE ARTIFICIEL SEUL — 8 tubes 7.000 2 t. « rose spécial » — 16 h.
Laitue d'hiver (Passion blonde)							
Feuilles : Nombre	3	6	5	3	10	20	20
Largeur de la plus grande en cm	1,5	3,5	3	1,5	5	10	10
Couleur	vert pâle	vert	vert sombre	vert pâle	vert pâle	vert	vert
Aspect général	grêle	sain, légèrement élevé	sain, dense, trapu	grêle	pétioles longs, bouquet lâche	sain, dense, feuilles très ondulées	sain, très trapu dense, sub-pommées
Laitue de printemps (Reine de Mai)							
Feuilles : Nombre	3	5	5	4	10	21	27
Largeur de la plus grande en cm	1	3	3	1	7	13	12
Couleur	vert pâle	vert	vert	vert pâle	vert pâle	vert clair	vert sombre
Aspect général	grêle	sain, légèrement élevé	sain, dense, trapu	grêle	pétioles longs, bouquet lâche	sain, dense, sub-pommée	sain, dense, trapu sub-pommée
Chou-rouge (Gros d'Erfurt)							
Feuilles : Nombre	2	4	4	2	7	10	14
Largeur de la plus grande en cm	1,5	4	3,5	2	5	12	9,5
Couleur	vert sombre nervures rouges	rouge violacé	vert violacé	vert, nervures rouges	vert sombre nervures rouges	vert rougeâtre nervures violacées	rouge violacé
Tige : Hauteur en cm	4	6	5	4	5	6	3,5
Aspect général	étiolé	robuste	robuste et trapu	étiolé	étiolé	robuste	robuste et trapu
Tomate (Joffre)							
Feuilles : Nombre	2	4	4	3	7	12	12
Couleur	vert pâle	vert	vert	vert pâle	vert pâle	vert sombre	vert sombre
Tige : Hauteur en cm	2	4	4,5	5	17	35	22
Diamètre	—	—	—	—	—	0,8	1
Aspect général	étiolé	sain	sain, trapu	étiolé	grêle, étiolé, pas de fleur	plante élevée en fleurs après la 10e feuille dès le 50e jour	trapu et velu en fleurs après la 10e feuille dès le 50e jour

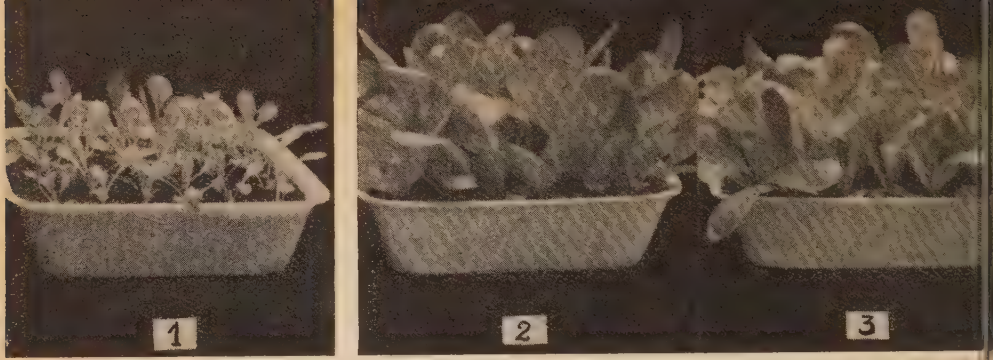


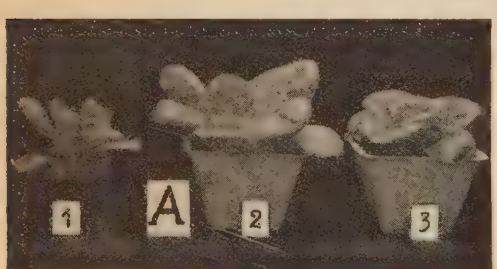
Fig. 1. Action comparative de la lumière naturelle et de l'éclairage artificiel par 10 tubes fluorescents (8 tubes 40-7.000 et 2 tubes « rose spécial »). Après 27 jours de culture ; semis du 7 février 1952. — Laitue d'hiver *Passion blo* 1. Témoin : jours naturels de février dans la serre du phytotron, à 20° C. et 80 % d'humidité. — 2. Plantes soumises lumière naturelle augmentée de lumière artificielle pendant 16 heures par jour. Serre du phytotron à 20° C. et d'humidité. Distance tubes-tablette : 60 cm. — 3. Plantes soumises à la lumière artificielle seule, pendant 16 h par jour : 8 tubes L. F. 40-7.000 et 2 tubes « rose spécial ». Chambre noire du phytotron à 20° C. et 80 % d'hum Distance tubes-tablette : 60 cm. (Photos Sauveur).

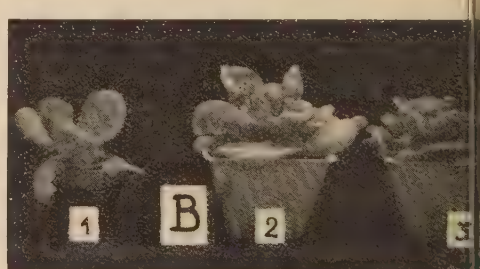
4. **Dans une chambre noire :** (également 20° C. et 80 % d'humidité) : les plantes reçoivent uniquement l'éclairage artificiel, constitué comme en 2. (8 tubes blancs L. F. 40-7.000 et 2 « rose spécial », pendant 8 heures par jour, tablettes distantes de 60 cm.)

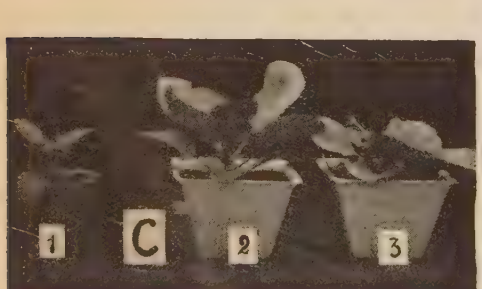
Les résultats sont examinés après 24 et 60 jours (voir Tableau 1).

Après 24 jours, en seule lumière artificielle de 16 heures, les plantes sont saines et vigoureuses. Elles sont nettement supérieures au témoin, (serre du « Phytotron éclairés seulement par la lumière naturell Février. Au surplus, on est frappé par aspect excellent quand on les compar l'état des plantes cultivées en couches la pratique horticole.

Le nombre des feuilles et leur taille *grosso modo* doublé. Leur couleur est sombre ; chez le Chou, le limbe devient lacé (voir Fig. 1).







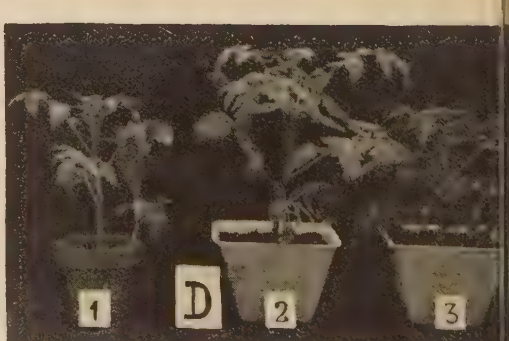


Fig. 2. Action comparative de la lumière naturelle et de l'éclairage artificiel par 10 tubes fluorescents (8 tubes 40-7.000 et 2 tubes « rose spécial »). Après 56 jours de culture ; semis du 7 février 1952. — 1. Témoin : jours na de février-mars dans la serre du phytotron, à 20° C. et 80 % d'humidité. — 2. Plantes soumises à la lumière nat augmentée de lumière artificielle pendant 16 heures par jour. Serre du phytotron à 20° C. et 80 % d'humidité. Dis tubes-tablette : 60 cm. — 3. Plantes soumises à la lumière artificielle seule, pendant 16 heures par jour (8 tubes 40-7.000 et 2 tubes « rose spécial »). Distance tubes-tablette : 60 cm. — *A.* Laitue d'hiver *Passion blonde. B.* printanière *Reine de Mai. C.* Chou rouge *Gros d'Erfurt. D.* Tomate *Joffre* (Photos Sauveur).

En 8 heures d'éclairement quotidien les plantes des diverses espèces se comportent à peine mieux que les témoins. Nous abandonnons cette culture après le 24e jour.

Entre les plantes qui ont été uniquement en lumière artificielle (chambre noire) et celles qui ont reçu en même temps la lumière du jour (serre), on remarque les différences suivantes :

Les Laitues, en lumière artificielle seule, ont des feuilles plus consistantes et de teinte plus foncée. Les Choux et les Tomates ont des entrenœuds plus courts d'où il résulte que les plantes sont trapues.

Après 60 jours, sous lumière artificielle seule, les plantes gardent leur avance par rapport aux témoins qui, en serre du « Phytotron », lumière naturelle de Février-Mars, restent de couleur pâle et dont les feuilles sont moitié moindre par le nombre et par la taille. De plus, les Tomates témoins ne sont pas encore en fleurs, tandis que les plantes traitées ont fleuri dès le 50e jour, entre le 10e et le 12e nœud (voir Fig. 2).

Si nous comparons les plantes qui ont reçu la lumière artificielle seule à celles qui ont eu, en plus, la lumière du jour, nous constatons que ces dernières n'ont pas été sensiblement améliorées. Il est même curieux de voir que, en ce qui concerne les Laitues d'hiver et de printemps, elles sont en voie de « pommer ». De plus, en lumière artificielle seule, les Laitues de printemps présentent un nombre de feuilles supérieur (27 au lieu de 21), les Choux également (14 au lieu de 10). En outre, ceux-ci sont trapus et leurs feuilles violacées. Les Tomates aussi sont courtes, à tige épaisse et curieusement velues.

En conclusion de ce premier essai, nous apportons la preuve que l'on peut cultiver les plantes expérimentées ici, sous une lumière artificielle (sans apport de lumière du jour) à condition que le spectre de cet éclairage corresponde à celui que nous avons établi et que, de plus, le local soit aéré et maintenu à 20° C, avec 80 % d'humidité.

La combinaison des tubes que nous y avons réalisée est intéressante. Elle comprend 10 tubes au total et produit une intensité lumineuse de plus de 5.000 Lux à la distance de 60 cm. Elle comporte deux types de tubes en mélange : 8 blancs L. F. 40-7.000 et 2 « rose spécial ».

Mais, étant donné la complication qui, dans la pratique, résulterait de l'emploi de deux tubes différents en proportion déterminée, nous avons pensé qu'il serait utile de proposer la réalisation d'un tube unique spécial qui pourrait émettre les caractéristiques du spectre, que nous avons établi comme étant désirable.

RECHERCHES EN VUE D'EVALUER L'EFFICACITE, SUR LA CROISSANCE DE CERTAINES PLANTES, DES NOUVEAUX TUBES COMMERCIAUX A. C. E. C. « LUXE NORMAL » ET « LUXE CHAUD »

Deuxième Essai

Les semis datent du 4 avril 1952. Ils sont disposés dans le « Phytotron » (chambres noires : 20° C. et 80 % d'humidité) ; un témoin est installé parallèlement dans la serre du « Phytotron ». La lumière artificielle est donnée par des tubes fabriqués récemment : A. C. E. C. L. F. 40 « Luxe Chaud » et « Luxe Normal ». Les spectres de ces tubes diffèrent l'un de l'autre par les proportions relatives de radiations rouges et bleues : le premier comporte un peu plus de rouge et un peu moins de bleu que le second. Tous les deux se rapprochent de la combinaison expérimentée dans le premier essai.

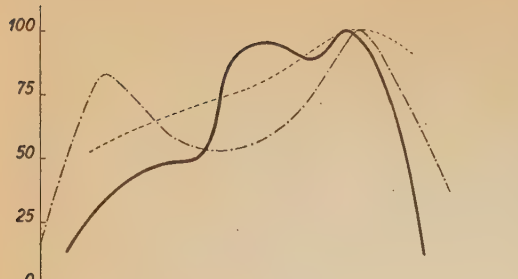
Les conditions sont les mêmes que précédemment : 10 tubes, à 60 cm. des tablettes, faisant environ 5.000 Lux. Le témoin reçoit la lumière naturelle des jours d'Avril-Mai, durée moyenne : 14,30 heures environ.

Les plantes (Laitues, Choux et Tomates), après 24 et 60 jours, se sont présentées de la même manière quant au nombre des feuilles, quant à leur taille et à leur aspect général, sous ces deux types d'éclairement.

Cependant, il est important de signaler l'existence de légères différences suivant les espèces. Ainsi, les Laitues et les Choux semblent être favorisés par « Luxe Normal » : dimensions des limbes, poids des feuilles, poids des racines (15 g. au lieu de 3,5 g.). Tandis que les Tomates répondent au « Luxe Chaud » par une tige plus épaisse et un enracinement plus abondant.

Après 60 jours de lumière artificielle seule, ces plantes sont avantageusement comparées aux témoins de la serre du « Phytotron » qui, sous 20° C. constant, ont pris un aspect légèrement étiolé et ont développé un nombre de feuilles inférieur à celui des plantes traitées :

DIAGRAMME IV



——— Tube A.C.E.C. L.F. 40. Phytor I. C.R.H. Lg.
—·—·— Efficacité photosyntétique (HOOVER 1936)
------ Efficacité photosyntétique (GABRIELSEN 1948)

Laitue d'hiver : 19 feuilles au lieu de 28 ;
Laitue de printemps : 21 feuilles au lieu de 29 ;
Chou rouge : 10 feuilles au lieu de 13.

Les résultats de cette expérience confirment pleinement ceux de la première :

1. Certaines espèces de plantes peuvent être cultivées avec succès à partir de la germination sous un éclairage artificiel de tubes fluorescents *appropriés* ;
2. Cet éclairage peut être réalisé par des tubes d'un seul type ;
3. Les deux catégories de tubes manifestent des qualités favorisant respectivement une espèce plutôt qu'une autre.

Etant donné les différences qui se sont présentées dans le comportement des espèces suivant qu'elles sont cultivées sous « Luxe Normal » ou sous « Luxe Chaud », il devient nécessaire de réunir en un seul, les deux tubes expérimentés.

Nous avons proposé aux Ingénieurs et Physiciens des A. C. E. C. la formule d'un tube nouveau pour les besoins spéciaux de l'horticulture. Ce tube a été réalisé et expérimenté sous le nom de « PHYTOR I., C. R. H. Lg. ». (Diagramme IV.)

RECHERCHES EN VUE D'EXPERIMENTER LES QUALITES HORTICOLES DU TUBE « PHYTOR I., C. R. H. Lg. »

Troisième Essai

Nous avons comparé dans cet essai le nouveau tube « PHYTOR I., C. R. H. Lg. » au « Luxe Normal », au « Luxe Chaud » et à la lumière des jours de Juin à l'extérieur. Un témoin dans la serre du « Phytotron » complète cet ensemble.

Afin de s'assurer des qualités ou défauts de ce tube, il fut décidé de l'expérimenter dans des intensités d'éclairement plus faibles que celles des expériences précédentes : 4 tubes au lieu de 10. En effet, des essais préliminaires nous ont permis de constater que la croissance des espèces qui nous intéressent (Laitues, Choux, Tomates) est satisfaisante sous 4 tubes placés à 30 cm. au-dessus des tablettes. Dans ces conditions, l'intensité de l'éclairage est de 3.000 Lux au lieu de 5.000.

Les semis datent du 9 juin 1952. Ils furent disposés dans le « Phytotron » (20° C. et 80 % d'humidité) en terrines contenant toutes le même terreau. Des témoins à l'extérieur se trouvent placés dans les mêmes conditions de substrat. L'éclairage est organisé comme suit :

1. **Eclairage naturel** du mois de juin (16,30 h moyenne quotidienne) :
   A. Témoin extérieur ;
   B. Témoin dans la serre du « Phytotron »
2. **Eclairage artificiel** dans les chambres noires du « Phytotron » à raison de 16 heures par jour :
   C. « Luxe Normal » (4 tubes à 30 cm.) ;
   D. « Luxe Chaud » (4 tubes à 30 cm.) ;
   E. « Phytor I., C. R. H. Lg. » (4 tubes à 30 cm.).

Les résultats principaux figurent au tableau n° 2. Dans l'ensemble, nous constatons que les plantes sous 4 tubes « Phytor I., C. R. H. Lg. » à 30 cm. sont toutes robustes, saines et trapues.

Elles sont comparables aux témoins extérieurs en lumière naturelle, aussi bien après 24 jours qu'après 60 jours. Les Tomates sont nettement meilleures, peut-être à la suite du fait qu'elles ont germé 6 jours plus tôt qu'à l'extérieur. Les Laitues des deux variétés ont un plus grand nombre de feuilles : respectivement 27 au lieu de 19 et 28 au lieu de 20. De plus, elles ont moins tendance à pommer toutes deux.

Laitues, Choux et Tomates sont également comparables aux plantes témoins qui ont poussé en serre du « Phytotron ». On pourrait même dire qu'elles sont en meilleure condition que ces témoins, parce que ceux-ci, dans la température constante de 20° C. de cette serre, ont légèrement filé.

Enfin, par rapport aux tubes « Luxe Normal » et « Luxe Chaud », le tube « Phytor I., C. R. H. Lg. » favorise la croissance et le comportement des quatre variétés de plantes, à la fois.

Il est remarquable de constater que les 4 tubes « Phytor I., C. R. H. Lg. »,

Essai des plantes (Laitues, Choux, Tomates) en milieu conditionné sous des éclairages différents : Luxe Normal, Luxe Chaud, Phytor I., C.R. H Lg.

APRÈS 24 JOURS (4-7-1952).

APRES 60 JOURS

Semis du 9 juin 1952	ECLAIRAGE NATUREL — TÉMOINS		ECLAIRAGE ARTIFICIEL SEUL			ECLAIRAGE NATUREL — TÉMOINS		ECLAIRAGE ARTIFICIEL SEUL		
	Extérieur	Serre	Luxe Normal 4 tubes/30 cm	Luxe Chaud 4 tubes/30 cm	Phytor I., C. R. H. Lg. 4 tubes/30 cm	Extérieur	Serre	Luxe Normal 4 tubes/30 cm	Luxe Chaud 4 tubes/30 cm	Phytor I., C. R. H. Lg. 4 tubes/30 cm
	Jours de Juin Jour moyen : 16,20 h.		16 heures			Jours de Juillet Jour moyen : 16,20 h.		16 heures		
Laitue d'hiver (Passion blonde)										
Feuilles : Nombre	5	6	5	6	7	18	21	24	27	27
Largeur de la plus grande en cm	2,8	4	3	3,5	3,5	8	11	8,5	10,5	10,5
Couleur	normal vert clair	vert pâle	vert	vert	vert sombre	vert sombre rougeâtre	vert sombre rougeâtre	vert pâle	vert sombre rougeâtre	vert sombre rougeâtre
Aspect général	sain, trapu, feuilles larges jusqu'à la base	robuste feuilles allongées	robuste feuilles légèrement allongées	robuste	robuste	feuilles allongées (1)	feuilles allongées (1)	bouquet foliaire très étalé	tendance à pommer	tendance à pommer
Laitue de Printemps (Reine de Mai)										
Feuilles : Nombre	6	6	6	7	7	20	17	29	31	28
Largeur de la plus grande en cm	2,7	4,5	3,5	4	4	9	12	8	11	11
Couleur	normal vert clair	vert pâle	vert	vert	vert sombre	vert rougeâtre en voie de pommaison	vert pâle	vert	vert	vert sombre rougeâtre
Aspect général	sain, trapu, feuilles larges jusqu'à la base	robuste feuilles allongées	robuste trapu	très robuste trapu	robuste trapu	en voie de pommaison	feuilles allongées	tendance à pommer	en voie de pommaison	en voie de pommaison
Chou-rouge (Gros d'Erfurt)										
Feuilles : Nombre	4	4	4	4	4	13	13	13	13	13
Largeur de la plus grande en cm	4,5	4	3,5	4	3,5	7	10,5	9	9	9
Couleur	vert violacé	vert, tiges, pétioles et nervures rouges	vert violacé	vert violacé	violacé	rouge violacé	violacé	vert violacé	violacé	violacé
Tige : hauteur en cm	4	4	2,5	2	3	7	9,5	4,5	4	6
Aspect général	tige grêle feuilles pruineuses	étiolé	robuste trapu, peu pruineux	robuste trapu, peu pruineux	très robuste assez pruineux	robuste pétioles courts	pruineux, tiges et feuilles allongées	pruineux, pétioles allongés	robuste, pruineux, pétioles allongés	robuste, très pruineux, pétioles allongés
Tomate (Joffre)										
Feuilles : Nombre	5	5	5	4	5	12	13	10	10	10
Couleur	vert sombre	vert pâle	vert	vert sombre	vert sombre	vert sombre	vert sombre	vert sombre	vert sombre	vert sombre
Tige : hauteur en cm	4	8	5	4	4	15	33	26	23	20
Aspect général	trapu, entrenœuds courts	tiges fortes entrenœuds un peu longs	robuste	robuste	très robuste très trapu	trapu feuilles petites	plantes allongées	plantes hautes, robustes	plantes hautes, robustes	assez trapu, feuilles longues et larges plantes robustes

(1) Les Laitues d'hiver sont hors saison en Juin.

avons obtenu des résultats aussi satisfaisants qu'à l'extérieur, *pendant la meilleure saison de l'année*. Ce comportement excellent des plantes est aussi manifeste après 24 jours qu'après 60 jours. Dans ces conditions, il devient profitable de transplanter à l'extérieur, après 24 jours déjà, si la saison est favorable. (Voir Fig. 3, photos prises après 48 jours d'éclairage artificiel seul).

Une telle vérification, qui a été réalisée, montre que les plantes cultivées sous « Phytor I., C. R. H. Lg. » ne souffrent pas de cette transplantation : elles gardent leur avance. Cependant, lorsque les Laitues sont restées plus de 40 jours sous la lumière artificielle, la transplantation à l'air libre ne donne pas des résultats aussi intéressants.

Nous pouvons donc affirmer qu'un traitement de 24 à 30 jours, sous 4 tubes « Phytor I., C. R. H. Lg./30 cm. » fait gagner un mois aux plantes des cultures en serre réalisées traditionnellement en novembre, décembre, janvier ou février.

Au sortir de ce traitement, les jeunes plantes peuvent être transférées soit sous la lumière naturelle des serres, soit sous un éclairage réduit que l'on obtiendrait par exemple, en augmentant la distance entre les plantes et les 4 tubes ; une surface nettement plus grande est ainsi éclairée.

Les expériences décrites ci-dessus nous ont convaincus :

1. de l'utilité de l'éclairage fluorescent par tubes « Phytor I., C. R. H. Lg. » en assemblage de 4 tubes ;
2. de la nécessité de mettre au point le montage de cet ensemble de telle sorte qu'il corresponde à des conditions favorables bien déterminées ;
3. de l'obligation de connecter cet appareil à une horloge qui allume et éteint automatiquement, en dehors des heures de travail, afin d'établir un éclairement quotidien de 16 heures (par exemple : allumage à 4 heures du matin, interruption à 20 heures).

*
* *

Ci-contre, à droite : Fig. 3. Action comparative de la lumière naturelle en juin-juillet et de l'éclairage artificiel seul, par des tubes « Phytor I, C. R. H. Lg. » : 4 tubes au lieu des 10 tubes des expériences précédentes Après 48 jours ; semis du 9 juin 1952. *Dans chaque photo : A gauche :* témoin extérieur en jours naturels de juin et juillet (16 h.). *A droite :* exemplaire cultivé sous 4 tubes « Phytor I, C. R. H. Lg. » en chambre noire du phytotron, pendant 16 heures par jour, à 20° C. et 80 % d'humidité. Distance tubes-tablette : 30 cm. — *1.* Laitue d'hiver *Passion blonde*. *2.* Laitue printanière *Reine de Mai*. *3.* Chou rouge *Gros d'Erfurt*. *4.* Chou blanc *Express*. *5.* Tomate *Joffre*. (Photos Sauveur).

Nous avons spécialement étudié un montage qui s'adapte à toutes les situations pouvant se présenter chez les praticiens.

Ce montage est actuellement réalisé industriellement par les A. C. E. C. Il consiste en un ensemble léger et maniable de 4 unités éclairantes « Phytor I., C. R. H. Lg. » et de leurs réflecteurs. Un espace de 1 cm. environ est ménagé entre les réflecteurs, pour la circulation de l'air. Cet ensemble est mobile verticalement grâce à un système simple et solide de suspension par chaînettes. Il peut également être écarté de sa position pour faciliter l'accès de la lumière solaire pendant les journées claires (par exemple : l'hiver entre 11 heures et 15 heures). Enfin, il est transportable d'un endroit à l'autre suivant les besoins. On peut multiplier à volonté le nombre de ces appareils. Une seule horloge automatique est nécessaire pour commander l'ouverture et la fermeture de tous les circuits que l'on aurait installés.

RESUME ET CONCLUSIONS

Les diverses expériences que nous avons faites dans le « Phytotron » au cours de l'année 1952, nous ont permis d'établir la formule d'un tube fluorescent dont le spectre lumineux manifeste des qualités horticoles incontestables : le tube « Phytor I., C. R. H. Lg. ».

Les variétés de Laitues, Choux et Tomates utilisées répondent à ce nouvel éclairage artificiel d'une manière excellente.

Après 48 jours, en chambre noire (à 20°, 80 % d'humidité) éclairée pendant 16 heures par jour par un ensemble de 4 tubes seulement, ces plantes présentent un aspect et des qualités qui les font comparer avec avantage à celles qui sont cultivées à l'extérieur au mois de Juin et de Juillet, pendant le même temps (48 jours).

Après 48 jours, en serre froide éclairée de la même manière, un résultat comparable est obtenu à moindre frais, puisque entre 11 heures et 15 heures pendant les jours ensoleillés, les lampes peuvent être éteintes et les supports aisément écartés de leur position, de telle sorte qu'ils ne projettent pas d'ombre.

Dans ces conditions, nous préconisons une utilisation très large dans la pratique des appareils à 4 tubes « Phytor I., C. R. H. Lg. » dont nous avons proposé la fabrication à la suite de nos essais pour le traitement des Laitues d'hiver et de printemps, des Choux et des Tomates. Un éclairage de ce type appliqué dès la levée, pendant 25 à 30 jours, dans une serre ou même dans un local quelconque maintenus à 20° C. et à 80 % d'humidité, fera gagner au moins 30 jours sur le temps nécessaire pour les cultures traditionnelles. Ensuite ces plantes pourront être transplantées, selon la saison, soit en serre sous la lumière naturelle ou sous une lumière artificielle réduite, soit encore, à l'extérieur aux environs du 15 mai.

Pour terminer, nous pouvons dire que la dépense résultant de l'utilisation de la lumière artificielle par tubes fluorescents se justifie tout spécialement pour le traitement des jeunes plantes, immédiatement après la levée, lorsqu'elles occupent un espace restreint. Quatre lampes « Phytor I., C. R. H. Lg. » (160 W.) à 30 ou 40 cm. de hauteur, agissent efficacement sur une surface d'environ 1 m².

Institut de Botanique
de l'Université de Liège.
Centre de Physiologie Végétale
et
Centre de Recherches des Hormones
Végétales (I. R. S. I. A.).

PUBLICATIONS DU CENTRE DE RECHERCHES
DES HORMONES VÉGÉTALES
DE L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE

UNE NOUVELLE MÉTHODE DE CULTURE

DE

BEGONIA SEMPERFLORENS LINK ET OTTO

PAR

R. BOUILLENNE et C. SIRONVAL

Extrait du " Bulletin Horticole „, Liège.
Tome VII. - N° 12. - Décembre 1952.

EN DECEMBRE 1950, LE CENTRE DES HORMONES VEGETALES DE l'Université de Liège et l'Institut de Recherches Scientifiques pour l'Industrie et l'Agriculture (I. R. S. I. A.), ont été sollicités par un horticulteur liégeois, M. Van Heer, d'étudier une question relative au développement de *Begonia semperflorens* LINK et OTTO. Il s'agissait de mettre au point des moyens nouveaux susceptibles de hâter la floraison de ce Bégonia et d'améliorer sa culture d'hiver.

Diverses expériences préliminaires ont été entreprises à cet effet dans le « Phytotron » de Liège. Les résultats théoriques en ont été publiés (voir C. SIRONVAL, Bull. Soc. Roy. Sciences, Liège, nos 8-9-10, pp. 523-537, 1951).

Ces résultats indiquent que « parmi les conditions complexes de la culture d'hiver en serre chaude, la courte durée du jour a une action considérable sur le développement de *Begonia semperflorens.* ». En allongeant le jour d'hiver jusqu'à 15 ou 16 heures par un appoint de lumière artificielle, toutes les autres conditions étant constantes, on obtient des effets très nets, *variables* selon les stades du développement.

Dans les premiers stades et jusqu'à la cinquième feuille, l'allongement du jour d'hiver accélère la croissance, augmente la grandeur des limbes successifs, ainsi que la vigueur générale des plantules. Dans les stades suivants, en particulier après la croissance de la cinquième feuille, l'application de jours longs provoque une floraison abondante et immédiate, tandis que les dimensions des limbes restent relativement faibles. D'une façon générale, si des jours longs sont appliqués sans arrêt à partir du semis, la floraison de la plante se produit dans le délai, très court, de trois mois.

Ces observations offrent la perspective pratique de hâter le développement de ces bégonias et de le contrôler efficacement. Afin d'éprouver les possibilités nouvelles ainsi acquises, le Centre de Recherches des Hormones Végétales a organisé, pendant l'hiver 1951-1952, dans les installations de M. Van Heer, un essai, que ce dernier a bien voulu nous aider à faire. Cet essai a permis la mise au point de quelques détails techniques ainsi que la détermination approximative des dépenses résultant de l'éclairage des plantes.

Nous tenons à remercier la famille Van Heer pour le concours aimable qu'elle nous a apporté, ainsi que Mlle J. Lomba, qui a largement contribué à la réussite de l'essai.

Fig. 1. M. Van Heer, horticulteur, examinant en décembre 1951 les premiers semis réalisés dans sa serre, sous les lampes montées spécialement pour l'expérience. (Photo P. Sauveur)

PLAN DE L'ESSAI REALISE CHEZ LE PRATICIEN

Le plan de l'essai est le suivant :

Le 21 décembre 1951, des *Begonias semperflorens* de la variété « Châtelaine » s semés selon les méthodes ordinaires de l'horticulture. On fait d'emblée trois séries :

1. une série reçoit, dès le semis, un éclairage artificiel durant 16 heures par jou *série Ia* ;
2. une deuxième série reçoit, dès le semis, la lumière normale de l'hiver, puis, après la germination, au moment où les cotylédons s'étalent (1er janvier), est placée sous l'éclairage artificiel signalé plus haut : *série Ib* ;
3. une troisième série est semée à la lumière naturelle et ne reçoit jamais l'éclair artificiel ; c'est la série témoin cultivée dans les conditions traditionnelles : *séri*

Les plantes de la série *Ia,* placées sous l'éclairage artificiel dès leur semis, sont nombreuses. A deux intervalles spécialement choisis, quelques-unes d'entre elles s soustraites de la lumière artificielle et transférées à la lumière du jour. Le premier tra fert a lieu le 11 janvier 1952, vingt jours après les semis : *série* Ia_1. Le second tra fert vers la lumière naturelle a lieu le 10 février 1952, cinquante jours après le semi *série* Ia_2.

Le 3 mars, on prélève dans les deux séries nouvelles ainsi transférées à la lum du jour (Ia_1 et Ia_2) trois lots : A, B et C, qui sont replacés chacun sous un type d'éc rage artificiel. Il y a alors en tout onze séries, les cinq séries citées plus haut et six n velles : Ia_1 (A), (B), (C) et Ia_2 (A), (B), (C).

L'expérience est clôturée le 10 avril 1952.

LES ECLAIRAGES UTILISES

Les éclairages artificiels d'appoint utilisés sont identiques en ce qui concerne la du (qui, dans tous les cas, est de 16 heures par jour), mais ils diffèrent par la qua et l'intensité de la lumière. L'éclairage artificiel appliqué dès le 21 décembre 1951 les semis traités est constitué de manière a atteindre une intensité lumineuse très fo (voisine de 10.000 Lux) ; il comprend 12 lampes à fluorescence A. C. E. C. et 4 lam à incandescence de 40 watts ; ces lampes fluorescentes sont disposées côte à côte à distance de 40 cm environ des plantes ; leur fonctionnement est commandé pend 16 heures par une horloge (fig. 2).

Les éclairages A, B et C, qui entrent en fonction le 3 mars, sont moins intens ils comprennent respectivement 6, 5 et 3 lampes. La disposition des lampes et l

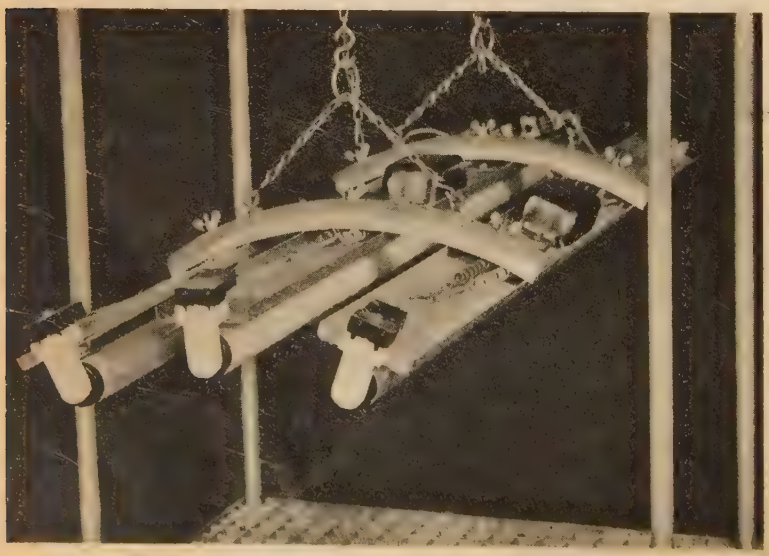


FIG. 2. La disposition liorée des lampes spéc A. C. E. C. (Photo R. veur).

IG. 3. Toutes ces plantes ont *le même âge*. Elles ont été semées le 21 décembre 1951 et sont photographiées 8 avril 1952. En I, les plantes témoins cultivées exclusivement à la lumière naturelle ; en Ia1, les plantes ont reçu, ɔrès la germination, *douze* jours d'éclairage artificiel ; en Ia2, elles ont reçu *quarante* jours d'éclairage artificiel ; en Ia, les plantes ont reçu constamment l'éclairage artificiel depuis le semis. (Photo R. Sauveur).

ıontage, extrêmement simple et adapté aux serres, sont étudiés de façon à permettre 'utilisation maxima de la lumière du jour, déjà considérable en mars (voir fig. 2).

Les lampes utilisées ont été construites spécialement par les A. C. E. C., selon les ıdications du Centre de Recherches des Hormones Végétales. Il s'agit de tubes tout à ıit nouveaux qui seront mis incessamment dans le commerce, pour la pratique horticole [1].

Pendant toute la durée de l'essai, la température s'est maintenue dans la serre de I. Van Heer, aux environs de 20° C.

LES RESULTATS

Les résultats se sont avérés d'emblée très satisfaisants.

Vers le 10 janvier déjà, on peut facilement faire quelques constatations. Il apparaît abord que l'appoint de lumière est *remarquablement actif*. Au 11 janvier, la série moin *I*, à la lumière naturelle, grandit lentement et avec peine, tandis que la série *Ia*, ɔus la lumière artificielle, présente des plantules ayant chacune deux feuilles largement alées. L'état de ces plantules est tel qu'il est possible de procéder au repiquage en rrine dès le 12 janvier, exactement 22 jours après le semis. Les exemplaires repiqués ɔnt sains et ils disposent d'un système radiculaire exceptionnellement développé.

Cependant, l'effet de l'éclairage artificiel n'est positif qu'après la germination. La ɔmparaison des séries *Ia* et *Ib* montre que, dans la période comprise entre le moment du mis et la germination, cet éclairage n'a absolument aucun effet sur le développement térieur. La culture jusqu'à la floraison le confirme : *il est inutile d'éclairer le semis ɔant la germination* ; pareille lumière est dépensée en pure perte. Il en résulte que ɔuze jours d'éclairement, donné *à partir de la germination*, suffisent à renforcer très ttement le développement des plantules.

L'action activante de l'éclairage s'accentue par la suite chez les individus de la rie Ia, qui continuent à recevoir la lumière artificielle pendant 16 heures par jour.

Ces individus prospèrent à un rythme extraordinaire ; ils sont munis d'un feuillage ıgnifique. Quarante jours après la germination, le 10 février, ils portent chacun au ɔins cinq feuilles, la sixième étant généralement en train de croître. Les bourgeons axil- res grandissent, donnant des tiges secondaires ; les exemplaires deviennent étonnamment uffus. Par contre, les plantes retirées de l'éclairage artificiel, — par exemple celles de série Ia_1, qui, ayant reçu 12 jours d'appoint, ont été transférées ensuite au jour naturel ıiver —, comptent seulement, au même moment, trois à quatre feuilles. De même. la rie témoin *I*, en lumière exclusivement naturelle, commence à peine à présenter de-ci -là des individus porteurs de deux feuilles.

Après le quarantième jour de culture, les effets de la lumière artificielle continuent se marquer nettement, mais leurs caractéristiques se modifient. On observe alors dans

1. Les horticulteurs consulteront à ce sujet, avec profit, les brochures que le Centre de Recherches des Hormones étales de l'I. R S. I. A. et les A. C. E. C. leur fourniront volontiers.

FIG. 4. Toutes ces plantes avaient un peu plus de 5 feuilles le 3 mars 1952. On a alors éclairé artificiellemen séries Ia2A, Ia2B et Ia2C de façon à allonger la durée du jour jusqu'à 16 heures. La série Ia2 est restée à la lu naturelle (série témoin). La photographie a été prise le 8 avril ; les plantes qui ont subi l'éclairage artificiel so fleurs, tandis que, chez les témoins, la croissance reste végétative. (Photo R. Sauveur).

la série *Ia*, maintenue sous cette lumière, un jaunissement léger des limbes, s'accentu avec le temps ; la taille des nouvelles feuilles reste relativement faible et, peu après croissance de la septième, la floraison est déclenchée ; elle se poursuit durant tout le m de mars sur une plante petite et peu vigoureuse.

A cet égard les Bégonias de cinq feuilles, transférés le 10 février à la lumière na relle, après avoir subi la lumière d'appoint pendant quarante jours (série Ia_2), se co portent tout autrement et ils offrent pour leur part un aspect exceptionnel ; ils acquièr des limbes de plus en plus grands, parfaitement verts ; la plante grossit, se renfo tandis que la floraison est retardée ; les premières fleurs apparaissent à la fin de m sur des individus très bien constitués.

La figure 3 montre l'état des plantes le 8 avril 1952. On voit que les exempla de la série témoin *I* sont les plus petits ; ils ont à ce moment environ quatre à c feuilles de taille moyenne. La série Ia_1, ayant reçu douze jours de lumière artificielle a la germination, est un peu plus avancée. Mais l'avance est nettement plus accent dans la série Ia_2, avec quarante jours d'appoint artificiel : *les plantes de la série sont de loin les plus fortes et les plus belles* ; elles l'emportent sur les individus de série *Ia* qui ont subi sans arrêt l'éclairage artificiel et qui ont été ainsi amenés à fle dans un état encore trop faible.

Cette dernière constatation est précisée par les essais du 3 mars. Toutes les pla qui sont mises, à cette date, à la lumière naturelle (série Ia_1 et série Ia_2, à l'exception to fois du témoin *I*), ont largement dépassé le stade de cinq feuilles. L'appoint de lumi que l'on rend ensuite à certains individus, n'a qu'un seul et même résultat, quelle que l'intensité de l'éclairage (A, B ou C) : il excite la floraison des plantes. Cette dern est accompagnée d'une réduction des limbes nouveaux et de leur jaunissement, tandis l'accroissement de la vigueur végétative est stoppée (voir fig. 4). Pareils effets sont demment nuisibles. Ils montrent qu'il faut absolument proscrire tout éclairage sup mentaire après quarante jours de vie à la lumière artificielle.

CONCLUSIONS

Ainsi se dégage une méthode nouvelle permettant de réduire considérablement durée de la culture de *Begonia semperflorens* et d'améliorer la qualité de ses produ *ELLE CONSISTE A ECLAIRER LES SEMIS PENDANT QUARANTE JOU AU COURS DES MOIS DE DECEMBRE ET DE JANVIER, A L'AIDE LAMPES FLUORESCENTES SPECIALEMENT ETUDIEES, PUIS A RE PLACER CETTE LUMIERE PAR L'ECLAIRAGE NORMAL DE FEVRIER DES MOIS SUIVANTS.* Non seulement la méthode accélère le développement plantes, qui sont vendables pour la plupart à la fin du mois de mars et au début d'a mais elle favorise leur ramification et elle établit un équilibre convenable entre la flora et la végétation. De plus, dans les premiers stades du développement, elle facilite la l contre la « Toile ». Le gain de temps obtenu par cette méthode et aussi son effica assurent pour une bonne part l'horticulteur contre d'éventuels déboires.

Les calculs de prix de revient qui ont été effectués montrent que la dépense pour e traitement des plantes ne dépasse pas une consommation d'électricité de vingt centimes ar pied. Cette conclusion pratique a été officiellement établie à la fin de l'expérience, n présence des délégués de l'I. R. S. I. A., MM. THEYS et FERRANGE, des expérimen-ateurs et de M. VAN HEER.

On conçoit qu'étant donné le nombre considérable de jeunes Bégonias qui peuvent tre traités (à plusieurs reprises) par m² de surface éclairée, le rapport du traitement est rès intéressant. Il peut se chiffrer par une augmentation de plusieurs francs par pied, ans la mesure où l'époque de la vente est précoce.

Evidemment, le coût de l'installation des tubes fluorescents A. C. E. C. spéciaux est, u départ, relativement élevé ; il constitue une certaine immobilisation qui, dans le cas e l'expérience que nous avons décrite, a été supportée par le Centre de Recherches es Hormones Végétales. Pourtant, cette immobilisation elle-même est loin de s'opposer l'emploi des tubes spéciaux dans la pratique horticole.

Institut de Botanique de l'Université de Liège :
Laboratoire de Physiologie
et le Centre de Recherches des Hormones
Végétales (I. R. S. I. A.).

Extrait de **LEJEUNIA, Revue de Botanique.**
Tome 14, 1950, pp. 53 - 60.

ÉCOLOGIE DE *MOLINIA COERULEA* MOENCH GERMINATIONS.

par

Paul DEUSE Lic. Sc.

Dans une note précédente (**3**), nous avons étudié les caractères morphologiques présentés par *Molinia* dans les tourbières du plateau des Hautes Fagnes.

Cette plante est devenue la plus commune de la région, elle a conquis de très grands espaces au détriment des associations naturelles des Hoch Moor. Ce groupement doit être considéré comme un **facies anthropique** dû aux travaux de drainage entrepris dans les tourbières des Hautes Fagnes en vue des plantations de résineux. Il entrerait dans la série des Hygro-Molinieta de GRABHERR (**5**) : « associations récentes datant de moins de 100 ans ou de quelques centenaires s'installant à la suite de l'œuvre humaine ».

On sait que *Molinia* pousse aussi bien dans des sols acides qu'alcalins. Le facies que nous étudions est un facies sur tourbe acide. Nous nous sommes demandé si *Molinia* modifiait le pH de la tourbe. Nous avons prélevé un grand nombre d'échantillons de tourbe dans toutes les Fagnes importantes du plateau dans les endroits colonisés par *Molinia* et dans les parties intactes, ainsi que dans les endroits où *Molinia* s'implante comme dans ceux où elle régresse. Les résultats sont rassemblés dans le tableau I :

On peut remarquer que la présence de *Molinia* ne change pas ou guère le pH de la tourbe : 1/2 unité pH de plus dans le facies à *Molinia* (le pH variant de 4,5 à 5).

L'exemple le plus typique est fourni par la Fagne de Clefay :

4,5 dans la tourbière à Sphaignes ;
5 dans la partie envahie par *Molinia*.

Les résultats présentés par la Fagne des Trous Brouly et par celle de Sourbrodt sont assez différents : le pH est plus élevé, aux environs de 6 ; il peut s'expliquer par l'altération plus grande de

ces tourbières qui ne sont plus aujourd'hui que des restes peu étendus et exploités.

TABLEAU I

Variation du pH de la tourbe dans les zones des tourbières à Sphaignes et dans les zones à *Molinia* sur le plateau des Hautes-Fagnes

Échantillons de Tourbes	Fagne du Mont-Rigi	Fagne des Wez	Fagne Wallone	Fagne de Clefay	Fagne de la Helle	Fagne des Trous-Brouly	Fagne de la Vecquée	Fagne de Sourbrodt
Tourbière à Sphaignes								
+ *Eriophor. vaginat.*	4,5	4,6	4,5	4,5	4,6	4,7	6	6
+ *Empetrum*	—	—	4,5	4,6	—	—	—	4,9
+ *Calluna*	4,5	—	4,7	—	4,5	—	—	—
Tourbière envahie progressivement par *Molinia*	4,6 à 4,8	4,6	4,6 à 4,7	4,8 à 5	4,5 à 4,6	4,7 à 5	5,9 à 6	5,7 á 5,9
Facies à *Molinia* typique	4,8 à 5,1	4,5 à 5,2	4,5 à 4,6	5	4,6 à 5,0	4,5 à 5.7	5,9	6,1
Tourbières avec régression de *Molinia*	—	6 à 5,5	4,5	—	4,9 à 4,6	4,6	6	6,5

Nous pensons que cette légère augmentation du pH n'est pas due à la présence de *Molinia*, mais plutôt à la disparition du *Sphagnum*, agent responsable de l'acidification des tourbières. Les endroits où *Molinia* disparaît et où les Sphaignes se réinstallent montrent un abaissement correspondant du pH d'une demi-unité.

Nos résultats sont en concordance avec ceux qu'a obtenus Kotilainen (8) dans les tourbières nordiques : pH optimum de *Molinia* entre 5 et 6.

Nous avons montré dans notre travail précédent le grand pouvoir de bourgeonnement de *Molinia* et la manière dont elle forme

ses touradons. On pourrait croire, vu sa si grande abondance qu'elle a un pouvoir de dispersion par graines très considérable. Or nous avons toujours été frappé du fait qu'on ne trouvait presque jamais de plantules. Nous avons parcouru systématiquement tous les grands peuplements de *Molinia* à toutes les époques de l'année et nous n'avons rencontré de germinations que dans deux endroits bien déterminés :

1. Sur des **cendres de tourbe** dans les fagnes brûlées. La tourbe ne brûle pas toujours uniformément ; certains îlots sont épargnés où seule la végétation superficielle a été atteinte. Dans ces endroits, malgré le passage du feu, les touradons de *Molinia* ne sont pas complètement détruits. Ils se révèlent extrêmement résistants à l'incendie. Les touffes très compactes se laissent difficillement entamer et les bourgeons situés à l'intérieur sont protégés. Ils reprennent vie immédiatement et reforment le touradon. L'année suivante ils portent des fleurs et des grains qui, tombant à leur pied dans des cendres, germent. Nous l'avons vérifié en 1948 dans les Fagnes de Jalhay et de la Tourbière Royale, brûlées lors des grands incendies de 1947. On ne trouve pas de germinations de *Molinia* en dehors de ces conditions et jamais dans les grands espaces cendreux où se développe l'association étudiée par R. Bouillenne : le Polytricheto-Salicetum. (1)

2. Sur de la **tourbe fraîchement remuée**. On peut rapprocher de ces observations le fait bien connu et maintes fois vérifié par nous que *Molinia* prend sa plus grande extension dans les Fagnes, aux endroits où les conditions naturelles ont été bouleversées par la création de drains en vue des plantations de *Picea excelsa*. L'exemple le plus démonstratif en est fourni par la Fagne de Clefay où la limite entre la tourbière vierge et le facies à *Molinia* est constituée par un drain collectant l'eau des petits fossés de drainage tracés dans le sens de la plus grande pente dans la partie à *Molinia*.

La création de ces drains provoque une disparition de la nappe aquifère superficielle des *Sphagnum* ou un mouvement de cette nappe suivant les saisons (2).

La tourbe s'assèche et présente un contenu en air plus important. Nous pensons que l'aération du sol est un facteur de toute première importance pour la vie de *Molinia* et pour sa germination. Nous rapprocherons de cette idée les observations, souvent faites par nous, de touradons de Molinies arrachés aux rives des

cours d'eaux de la région et qui même submergés continuent à vivre pour autant que l'eau reste courante. Nous avons confirmé la chose par des expériences, entreprises à l'Institut de Botanique, de cultures de planchons de *Molinia* submergés dans des vases aerés. Les plantes maintenues immergées mais aerées ont parfaitement vécu tandis que les témoins sont morts après une durée de végétation plus ou moins longue.

Tansley (10) explique la colonisation des tourbières anglaises par *Molinia* par une plus grande aération du sol provoquée par un mouvement de la nappe aquifère. Zinn (11) a montré que les sols du Molinietum méditerranéen possédaient une aération considérable liée à une teneur en eau très forte. Pour Duvigneaud (4) l'oxygénation du milieu serait la condition écologique essentielle. Des expériences seront continuées dans ce sens à la Station Scientifique des Hautes Fagnes.

La germination de *Molinia* est une chose très difficile à observer : elle semble exiger des conditions toutes particulières. Dans les expériences que nous avons entreprises au laboratoire, nous avons utilisé des grains récoltés par nous dans un facies tout à fait typique : dans la Fagne Wallonne, devant Botrange, 1948

Dans toutes ses stations des Fagnes, *Molinia* fleurit chaque année abondamment mais ne fructifie pas aussi bien : peu de grains arrivent à maturité et bon nombre de ceux qui y arrivent sont parasités par un *Claviceps* (1).

Il faut donc prendre de grandes précautions et décortiquer tous les grains avant de commencer les expériences Nous avons en outre toujours désinfecté les grains décortiqués par passage dans de l'eau de Javel 3 % pendant 20 minutes.

Les semis ont été faits sur ouate dans des boîtes de Pétri ou sur papier filtre imbibé d'eau ou de solutions nutritives ou dans des tubes de cultures

Nous avons rassemblé les principaux résultats dans le tableau 2.

On peut voir qu'aucun des facteurs que nous avons fait agir ne semble avoir une influence déterminante . dans presque tous les cas, seuls 1 à 2 % germent.

---

(1) JUILLET A. et ZITTI R. ont signalé le parasitisme de **Molinia** par **Claviceps microcephala** Tul. dans la région méditerranéenne. (7)

Parallèlement à ces essais en laboratoire, nous en avons fait en serre dans des pots sur du terreau, de la terre de jardin ordinaire, des cendrées : aucun de ces essais n'a donné un pourcentage de germination plus élevé.

TABLEAU II

Taux de germination des grains de *Molinia coerulea* sur divers milieux

Semis en boite de Petri	
après désinfection et trempage 24 h.	
sur eau de la distribution	1%
sur eau de tourbière	1%
sur eau distillée	1%
sur milieu minéral	+
sur milieu nutritif organique	2%
sur gélose	1 à 2%
par lavage à l'eau courante	
pendant 9 jours	1%
pendant 15 jours	1%
pendant 30 jours	1%
Semis en pots	
sur terreau	+
sur terre de jardin	+
sur sable	+
sur tourbe	+
sur terreau + Sphaignes	1%
sur cendrées ordinaires	+
sur cendres de tourbe	1%

HEGI (6) signale aussi le pourcentage très minime de germination et leur très grande lenteur.

SOYRINKI NILO (9), dans une étude sur la végétation alpine de Laponie, constate aussi l'absence de germinations des Molinies et pense que cette plante ne se multiplie pas par graines.

Cette proportion si infime de germinations, 1 à 2 % de grains triés et décortiqués, nous paraît cependant peu conciliable avec la grande abondance des Molinies dans nos fagnes belges. Nous avons fait des expériences de contrôle sur des grains récoltés en

d'autres annees (1949 et 50) et sur des grains récoltés en 1948 laissés en repos pendant 1 ou 2 ans. Ces divers essais n'ont pas donné d'autres résultats. Nous avons expérimenté de même, sans plus de succès, des grains reçus d'autres jardins botaniques.

Étude morphologique de la germination.

Après le gonflement du grain, l'embryon se développe, radicule et gemmule apparaissent nettement distinctes. (Pl. 6, fig. 1.)

Le coléoptile se montre et atteint sa taille normale (2 cm.) en 8 jours. La radicule s'est allongée pendant ce même temps et commence à se ramifier.

Le coléoptile se déchire et laisse apparaître les premières feuilles (Pl. 6, fig. 2). Dans nos expériences au laboratoire, les plantules ne sont jamais parvenues à un développement plus avancé.

Dans la nature, nous avons pu observer un allongement de la jeune tige qui reste grêle et sur laquelle apparaissent des racines. A un moment donné, cette tige ne s'allonge plus et forme des nœuds et des entrenœuds très rapprochés les uns des autres qui s'épaississent fortement Le processus de formation des bourgeons tel que nous l'avons décrit dans notre note précédente (**3**) se déclenche et forme une plante typique. Des racines prennent naissance sur les nœuds. La tige grêle et le grain vidé de ses réserves ne sont plus fonctionnels et se détachent facilement de la plante.

La germination de *Molinia* se fait donc en deux stades nettement distincts.

UNIVERSITÉ DE LIÈGE
Institut de Botanique
Station scientifique du Mont-Rigi

fig. 1

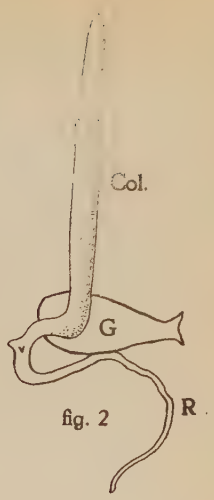
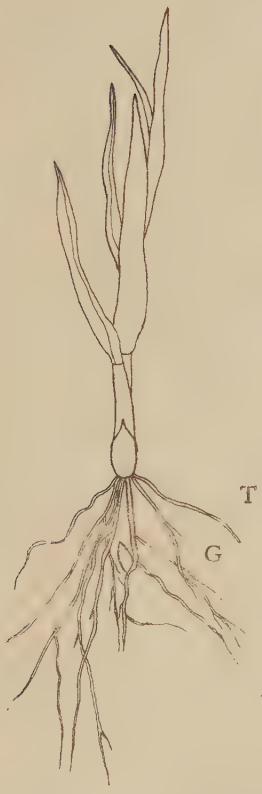


fig. 2



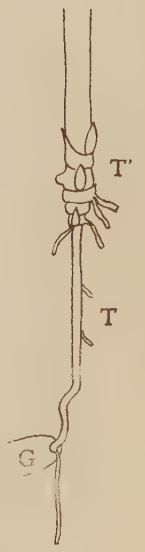


fig. 3

Molinia coerulea MOENCH

Stades successifs de la germination

G : grain — Col. : coléoptile — T : Tige de la plantule

R : radicule — Cot. : cotylédon — T' : tige adulte

BIBLIOGRAPHIE

1. Bouillenne R. — Evolution récente de la végétation des Hautes Fagnes de la Baraque-Michel en Belgique. *Bull. Soc. R. Bot. Belg.*, 53, 1, 1926.
2. Bouillenne R. — Altérations dans les tourbières de Haute Belgique en rapport avec les plantations de résineux. *C. R. 63me session, Liège, 1939, AFAS*, Paris-Liège, 1941, pp. 911-917.
3. Deuse P. — Sur les caractères écologiques **de** *Molinia coerulea* Moe. *Lejeunia*, t. 13, 1949, pp. 35-38.
4. Duvigneaud P. — Classification phytosociologique des tourbières de l'Europe. *Bull. Soc. R. Bot. Belg.*, 81, 1949, pp. 58-129.
5. Grabherr. — Ueber die Naehrstoffoekologie und das Formenbildungsvermoegen der Graesergattung *Molinia* Schrank in Abhaengigkeit von Naehrstoffgehalt und Reaktion des Bodens. Sonderabdruck aus *Mitteil. und Forstwissenschaft*, Göttingen, 1942.
6. Hegi. — Illustrierte Flora von Mitteleuropa. Vol. I., pp. 276-277.
7. Juillet A. et Zitti R. — *Molinia coerulea* Moe., graminée toxique à acide cyanhydrique. *C. R. Acad. Sc. France.*, 199, 67, 1934.
8. Kotilainen. — Zur Frage der pH Amplituden einiger Moorpflanzen. *Wiss. Veroeff. des Finn. Moorkulturvereins*, 13, 1933.
9. Soyrinki N. — Studien ueber die generative und vegetative Vermehrung der Samenpflanzen in der alpinen Vegetation Petsamo-Lapplands. *Ann. Bot. Soc. Fennicae*, 14, 32, 1939 -1940.
10. Tansley A. G. — Introduction to plant ecology. London, 1949.
11. Zitti R. — Recherches sociologiques sur le *Molinietum* Méditerranéen de la plaine languedocienne. *Comm. S.I.G.M.A.*, 66, 1938.

Extrait de **LEJEUNIA, Revue de Botanique.**
Tome 15, 1951. pp. 63 - 76.

COMPOSITION CHIMIQUE DE QUELQUES TYPES DE SOLS ACIDES ET LEUR MICROFLORE FONGIQUE

par

Madeleine DAHMEN et Jean RAMAUT

INTRODUCTION

L'hypothèse suivant laquelle les tourbières constituent un milieu abiotique fut longuement accréditée. Rien ne pouvait vivre, se développer dans des conditions écologiques aussi rigoureuses et l'accumulation de la tourbe, végétaux morts à peine décomposés, venait en témoignage d'une telle conception. Récemment, de nombreux travaux, dont ceux de S. A. Waksman font autorité, ont démontré combien cette conception était erronée et combien le monde animal et végétal était représenté au sein des tourbières. Graduellement, on a abordé l'étude de la microflore et de la microfaune : la systématique a mis en évidence de nombreux groupes de microorganismes, spécialement au sein des tourbes dites basiques (Lowmoor peat). Ce sont les bactéries qui ont fait l'objet des investigations les plus nombreuses et les résultats ont consacré la richesse bactérienne des tourbes basiques d'une part, la pauvreté remarquable des tourbes acides d'autre part.

De cette constatation, naquit la question de savoir ce qui, dans ces dernières, limitait la densité et la diversité des germes ; divers auteurs ont mis l'accent sur l'acidité naturelle de ces milieux et en ont fait le facteur limitant par excellence. J. Ramaut (1948a) a montré que le seul facteur acidité ne pouvait expliquer les constatations faites dans les tourbes acides. Il a postulé que des phéno-

mènes d'antibiose et d'antagonisme jouent un rôle important dans cette limitation de la population bactérienne des tourbes acides. Quoi qu'il en soit, le problème reste entier et seules de nouvelles recherches permettront la mise en évidence des autres facteurs qui entrent en jeu.

Outre la pauvreté bactérienne qui caractérise les tourbes acides, il convient de signaler que la détermination des microorganismes qui y sont représentés est encore loin d'être terminée ; si l'on s'adresse à la flore des micromycètes, on se trouve dans un monde à peu près inexploré.

Dans le cadre d'une étude systématique des micromycètes des tourbières acides et des formations voisines, nous avons examiné la répartition des genres et espèces en fonction des caractéristiques chimiques des strates d'où ils furent isolés. Les premiers résultats sont exposés dans la présente note. Nous insistons sur son caractère préliminaire ; il serait abusif de vouloir tirer des conclusions trop générales sur la base de ces premiers résultats.

TECHNIQUES EMPLOYÉES ET SITES ÉTUDIÉS

Pour l'analyse chimique, nous avons repris les méthodes mises au point par l'un de nous (J. Ramaut 1948 b). Tous les chiffres donnés dans les tableaux d'analyse sont exprimés en % de matière sèche.

En ce qui concerne les techniques microbiologiques, en dehors des précautions habituelles que nous ne rappellerons pas ici, nous donnerons quelques précisions au sujet du milieu de culture.

Nous avons choisi, pour les ensemencements, le milieu de Czapek-Dox que nous amenons au pH 5 par addition de quelques gouttes d'acide phosphorique concentré. Des nombreux milieux que nous avons essayés, nous avons retenu le Czapek-Dox ainsi acidifié pour plusieurs raisons importantes. Modifié de la sorte, ce milieu ralentit considérablement la multiplication bactérienne, la supprime même. D'autre part, il ne permet qu'une croissance ralentie des Mucorinées ce qui avantage les espèces à croissance plus lente. Enfin, la faible opalescence du Czapek-Dox coulé en plaques de Pétri facilite grandement la détection des colonies de moisissures.

Signalons que toutes les moisissures que nous avons isolées sur d'autres milieux tant naturels qu'artificiels et par des techniques différentes ont été également reconnues sur Czapek-Dox.

* * *

Tous les sols envisagés au cours de cette étude appartiennent à un même site : la « Fagne wallonne », située au Plateau de la Baraque Michel, à l'Est de la Belgique.

La tourbière haute sans arbres fut le premier type de sol étudié ; les formations végétales qui la couvrent sont restées intactes en dépit du drainage et de l'exploitation.

A côté de ce « highmoor », nous avons analysé deux types de tourbières naturellement boisées : un bois de bouleaux et un bois d'aulnes.

En plus de ces formations naturelles, nous avons aussi porté nos investigations sur des formations tourbeuses anthropogènes : d'une part, un peuplement pur de *Molinia*, formation due au drainage, d'autre part, une formation due à l'incendie de la tourbière, la végétation secondaire qui s'établit sur les cendres de tourbe.

Enfin, à titre de comparaison avec d'autres sols acides mais non tourbeux, nous avons effectué des prélèvements de sol dans un bois d'épicéas ainsi que dans une lande à éricacées qui s'étendent l'un et l'autre sur substrat limoneux.

Pour chacun des endroits choisis, nous donnons un aperçu de leurs caractéristiques botaniques et pédologiques, nous exposons les résultats de leur analyse chimique et la composition de la microflore fongique que nous y avons jusqu'à présent isolée.

ANALYSES ET OBSERVATIONS

1. - Tourbière haute.

La tourbière envisagée ici se présente comme une plaine bombée qui s'abaisse de part et d'autre vers de petites vallées ; il s'agit d'une tourbière de selle.

La végétation superficielle est celle de la tourbière haute typique (plusieurs espèces de *Sphagnum* et d'Ericacées, *Eriophorum vaginatum*, *Drosera rotundifolia*).

Les sondages ont révélé le niveau de l'argile à une profondeur de 6 m, là où la couche de tourbe est la plus épaisse. Entre

le niveau du sol et la couche d'argile, on rencontre les trois types de structure de tourbe cités par G. Negre (1927) : une tourbe mousseuse riche en débris radiculaires surtout ; puis une tourbe feuilletée et enfin une tourbe compacte, grasse et presque noire.

Nous basant sur les observations de S. A. Waksman (1942), nous avons limité nos analyses à la couche de tourbe comprise entre la surface du sol et un mètre de profondeur.

Tableau I

Analyse chimique de la tourbe du Highmoor

cm	0-25	25-50	50-75	75-100
Cendres	3,55	3,99	3,74	7,33
Fraction éthérosoluble	1,37	1,59	3,91	4,54
Fraction soluble dans l'alcool éthylique	2,8	2,57	1,63	1,57
Fraction soluble dans l'eau chaude	4,6*	0,97	0,86	0,48
Fraction soluble dans l'eau froide	—	0,3	0,5	0,6
Hémicelluloses	—	21,4	23,5	23,1
Celluloses	16,56	22,3	24	26
Lignines	30	43,2	42,7	42,8

* Eau à 80° C

Nous constatons que les valeurs obtenues par cette analyse sont en accord avec les caractéristiques du « highmoor » tel que S. A. Waksman le décrit (1942) et tel que nous-mêmes l'avons observé en d'autres endroits du Haut-Plateau de la Baraque Michel (J. Ramaut, 1948 c).

Quant à présent, nous avons déterminé 10 micromycètes différents dans la tourbière haute. On remarque qu'au delà de 50 cm de profondeur, ils sont pour ainsi dire inexistants.

0-25 cm *Mortierella pusilla* var. *isabellina*.
Trichoderma viride.
Cephalosporium sp.
Aspergillus versicolor.
Penicillium thomii.
Penicillium purpurrescens.
Isaria farinosa.
Mycelium stérile A.

25-50 cm *Mortierella pusilla* var. *isabellina*.
Aspergillus versicolor.

Penicillium purpurrescens.
Penicillium viridicatum.
Mycelium stérile A.

50-75 cm *Mortierella pusilla* var. *isabellina.*

75-100 cm Néant.

2. - **Bétulaie tourbeuse.**

Il s'agit ici d'une tourbière boisée presqu'exclusivement de Bouleaux pubescents. Le sol y est particulièrement humide. Le tableau II en donne la composition chimique :

TABLEAU II

Analyse chimique du sol de la Bétulaie tourbeuse

0 -20 cm

Teneur en eau (en % du poids frais)	80
Cendres	12
Fraction éthérosoluble	2,05
Fraction soluble dans l'alcool éthylique	3,58
Fraction soluble dans l'eau chaude	5,66
Hémicelluloses	12
Celluloses	14,7
Lignines	37,5

On observe que le pourcentage de substances solubles dans l'éther, l'alcool et l'eau est plus élevé que dans les différentes strates de la tourbière haute. Ces valeurs élevées sont une caractéristique des vieilles tourbes à sphaignes.

En ce qui concerne les holosides, les pourcentages en hémicelluloses et celluloses ne sont caractéristiques ni d'une tourbe forestière ni d'une tourbe de « highmoor ».

Ils se situent au niveau d'une étape intermédiaire entre la « vieille tourbe à sphaignes » et la « tourbe forestière », niveau d'ailleurs très voisin de l'« old sphagnum peat » (S. A. WAKSMAN, 1930).

Treize espèces de moisissures ont été relevées dans ce bois de bouleaux :

Mucor hiemalis.
Mucor mucedo.

Mortierella pusilla var. isabellina.
Trichoderma viride.
Geotrichum candidum.
Cephalosporium sp.
Beauveria globulifera.
Aspergillus versicolor.
Penicillium notatum.
Penicillium Thomii
Isaria farinosa.
Cladosporium herbarum.
Phomopsis sp.

3.- Aulnaie tourbeuse.

Bien que l'aulnaie dont il s'agit ici soit peu étendue, on y relève de nombreuses espèces végétales caractéristiques de cette formation.

A l'endroit de nos sondages, le sol qui atteint une épaisseur moyenne de 30 cm repose sur une couche d'argile grisâtre très compacte. Ce sol est constitué d'un humus tourbeux brun très foncé presque noir dans lequel on retrouve de grandes quantités de brindilles demeurées presque intactes.

Nous donnons dans le tableau III les résultats de l'analyse chimique d'un échantillon de cet humus tourbeux pris à 10 cm de profondeur.

TABLEAU III

Analyse chimique du sol de l'Aulnaie tourbeuse

Teneur en eau (en % du poids frais)	80,81
Cendres	15
Fraction éthérosoluble	0,75
Fraction soluble dans l'alcool éthylique	1,14
Fraction soluble dans l'eau chaude	1,25
Hémicelluloses	1,31
Celluloses	3,7
Lignines	50

Le pourcentage en hémicelluloses, en celluloses et particulièrement en lignines milite en faveur d'une tourbe forestière assez typique. Par le pourcentage en cendres et celui des fractions solubles dans l'éther et l'alcool, cette formation accuse une minérali-

sation déjà profonde de la matière organique ; il s'agit donc d'un stade plus avancé que la « tourbe forestière ».

Onze espèces de micromycètes ont été isolées du sol de ce bois d'Aulnes :

Mucor jansseni.
Mucor hiemalis.
Mucor mucedo.
Trichoderma viride.
Penicillium thomii.
Penicillium brevicompactum.
Penicillium notatum.
Penicillium purpurrescens.
Isaria farinosa.
Cladosporium herbarum.
Cylindrocarpon obtusisporum.

4. - Tourbière drainée.

Là où le drainage dessèche la tourbière, celle-ci est envahie par *Molinia coerulea* qui s'y développe si vigoureusement qu'elle empêche toute autre végétation de croître. Le Tableau IV montre les résultats de l'analyse chimique de ce sol asséché, entre 0 et 20 cm de profondeur.

TABLEAU IV

Analyse chimique du sol de la tourbière drainée

Cendres	17,4
Fraction éthérosoluble	1,32
Fraction soluble dans l'alcool éthylique	2,63
Fraction soluble dans l'eau chaude	9,34
Hémicelluloses	13,25
Celluloses	13
Lignines	29,34

La perturbation superficielle due à l'installation de *Molinia* trouve un écho dans la tourbe sous-jacente comme l'indique une décomposition plus avancée de la matière organique. Il n'y a plus ici de caractéristiques d'une tourbe de Highmoor.

Bien que nous ayons trouvé différentes espèces de moisissures dans la végétation superficielle, nous n'en avons noté que deux dans le sol. Ce sont : *Trichoderma viride* et *Isaria farinosa*.

5. - Tourbière incendiée.

Lorsque, lors d'un été très sec, un incendie se déclare en Fagnes et consume la tourbe comme ce fut le cas en 1911 notamment, la végétation qui recolonise peu à peu la surface incendiée est principalement constituée de polytrics entre les touffes desquels de jeunes Saules se développent. (R. Bouillenne, 1926).

Les huit premiers centimètres du profil sont constitués d'un épais feutrage de Polytrics, suivi d'une couche de 3 à 4 cm d'humus très noir recouvrant un niveau de plus ou moins 2 cm de cendres grisâtres. Plus bas, le sol devient très rocailleux. Nous donnons l'analyse chimique du sol au niveau se trouvant immédiatement au-dessus de la couche des cendres.

TABLEAU V

Analyse chimique du sol de la tourbière incendiée

Teneur en eau (en % du poids frais)	59,7
Cendres	74,9
Fraction éthérosoluble	0,68
Fraction soluble dans l'alcool éthylique	0,92
Fraction soluble dans l'eau chaude	0,69
Hémicelluloses	—
Celluloses	11
Lignines	4,38

Les résultats révèlent d'une façon homogène, une minéralisation très grande. On ne peut plus dire qu'il s'agit de tourbe ou d'humus mais bien d'un sol minéralisé en partie naturellement et surtout du fait de l'incendie Aussi, la flore fongique que nous y avons observée paraît très réduite : *Trichoderma viride*, *Penicillium thomii* et *Isaria farinosa*.

6. - Pessière.

Il s'agit d'une ancienne hêtraie actuellement plantée d'épicéas (*Picea excelsa*). Dans les clairières, se développent de grands tapis de *Polytrichum* et de *Dicranum*.

En creusant le terrain, on note tout de suite une différence très marquée entre la couche comprenant les 5 premiers centimètres et la couche sous-jacente. Celle-ci est constituée d'un limon plus ou moins sableux, jaune-ocre pâle, assez rocailleux tandis que la zône supérieure se compose d'un humus noir et léger, pénétré d'aiguilles d'épicéas et de débris de mousses.

L'analyse chimique du sol à ces deux niveaux a donné les résultats consignés dans le tableau VI.

TABLEAU VI

Analyse chimique du sol de la pessière

cm	0-5	5-30
Teneur en eau (en % du poids frais)	57,9	30,61
Cendres	63	90
Fraction éthérosoluble	0,49	0,15
Fraction soluble dans l'alcool éthylique	1,06	—
Fraction soluble dans l'eau chaude	3,12	0,41
Hémicelluloses	4,53	—
Celluloses	4,49	3,3
Lignines	20,9	5,94

Elle nous indique une teneur en cendres très élevée particulièrement au second niveau (90 %). Le pourcentage en lignines y est de 5,94 % alors qu'il atteint 20,90 % dans la couche superficielle. La fraction d'hémicelluloses y est nulle. Enfin, les valeurs des fractions solubles dans l'éther et dans l'alcool soulignent l'absence de matériaux organiques.

L'ensemble de ces résultats retrace d'une façon précise la minéralisation de l'humus de la couche superficielle.

Nous avons isolé les genres et espèces suivants de micromycètes :

0-5 cm *Mucor Ramannianus.*
Mucor hiemalis.
Mucor mucedo.
Mortierella pusilla var. *isabellina.*
Trichoderma viride.
Penicillium thomii.
Penicillium notatum.
Isaria farinosa.

5-50 cm *Mortierella pusilla* var. *isabellina*.
Trichoderma viride.
Isaria farinosa.

7. - Lande.

Nous terminons par l'étude d'une lande à éricacées très homogène, située en bordure d'un bois d'épicéas.

Du point de vue pédologique, voici les observations que nous y avons notées brièvement. Le sol comprend quatre niveaux très distincts : une première couche de 7 cm d'épaisseur, noire, extrêmement légère, constituée presqu'exclusivement de racines et de débris de la végétation superficielle ; une seconde couche de 6 cm aussi très noire mais plus compacte que la précédente ; une troisième ressemblant aux deux premières cependant moins riche en substances organiques, enfin, une quatrième couche de limon sableux identique à la zone inférieure du sol du bois d'épicéas.

Le tableau VII résume les différences de composition chimique des trois niveaux supérieurs.

TABLEAU VII

Analyse chimique du sol de la lande

cm	0-7	7-13	13-19
Teneur en eau (en % du poids frais)	73,75	64,44	40,44
Cendres	8	44,8	84
Fraction éthérosoluble	2,45	1,06	0,24
Fraction soluble dans l'alcool éthylique	2,62	1,11	0,39
Fraction soluble dans l'eau chaude	3,87	0,16	0,36
Hémicelluloses	4,8	1,12	—
Celluloses	17	9	3
Lignines	39	27,3	1,98

L'étude analytique des trois strates de la lande confirme les observations faites sur le terrain. La première strate se révèle riche en matériaux organiques ; la deuxième s'identifie à la minéralisation partielle de la précédente et la troisième représente la dégradation pratiquement complète de tous les matériaux organiques.

On peut suivre, dans la comparaison des résultats, l'évolution du pourcentage en matières organiques depuis le « sol organique » jusqu'au « sol minéral ».

Du point de vue micromycètes, nous avons isolé du sol de cette lande :

0-7 cm *Mucor ramannianus.*
Mucor hiemalis.
Mucor mucedo.
Trichoderma viride.
Penicillium thomii.
Penicillium notatum.
Isaria farinosa.

7-13 cm *Trichoderma viride.*
Penicillium Thomii.
Penicillium notatum.
Isaria farinosa.

13-19 cm *Mortierella pusilla* var. *isabellina.*
Trichoderma viride.
Isaria farinosa.

19-30 cm *Mortierella pusilla* var. *isabellina.*

50 cm Néant.

CONCLUSIONS

I. L'ensemble des sols étudiés se divise, du point de vue chimique, en deux catégories distinctes :

1. Des sols tourbeux à caractère organique dominant ;
2. Des formations où l'élément minéral devient le constituant essentiel.

La Tourbière haute, la Bétulaie, la Tourbière drainée, l'Aulnaie représentent divers types de formations tourbeuses. La Tourbière incendiée, la Pessière et la Lande montrent une évolution nette vers une minéralisation à peu près totale avec perte de tous les caractères des sols tourbeux.

II. Du point de vue microbiologique, une différence de microflore caractéristique s'établit entre les deux catégories de sols.

A) Sols tourbeux :

1) La strate superficielle de ces formations révèle une abondance variable de genres et espèces ; la Bétulaie est la plus riche, 13 micromycètes différents, la tourbière drainée la plus pauvre, 2 micromycètes.

2) On observe une réduction du nombre des espèces au fur et à mesure que l'on s'adresse à des niveaux plus inférieurs (Tourbière haute, Tableau VIII).
3) Les formations tourbeuses sont caractérisées par la présence de : *Cephalosporium sp., Aspergillus versicolor, Penicillium purpurrescens, P. viridicatum, P. brevicompactum, Geotrichum candidum, Beauveria globulifera, Cladosporium herbarum, Phomopsis sp., Mucor Janssenі* et *Cylindrocarpon obtusisporum*. Ces micromycètes semblent être spécifiques de ces types de sols.
4) La distribution de ces micromycètes spécifiques est, de plus, étroitement liée à la nature chimique des divers sols groupés sous la dénomination de sols tourbeux (Tableau VIII).

B) Sols minéraux :

1) Leur strate superficielle se montre moins riche en micromycètes, la Pessière en contient 8 différents, la Tourbière incendiée 3.
2) On observe une réduction du nombre des espèces au fur et à mesure que l'on s'adresse à des niveaux plus inférieurs.
3) Les formations minérales sont caractérisées par la présence de *Mucor ramannianus ;* ce micromycète s'y montre spécifique.

Aux côtés des genres et espèces spécifiques de l'une et l'autre formation, on rencontre une série de micromycètes indifférents mais à des degrés divers ; tels sont : *Trichoderma viride, Isaria farinosa, Penicillium thomii, P. notatum, Mucor hiemalis, M. mucedo* et *Mortierella pusilla* var. *isabellina*.

III. En matière de Sociologie, le présent travail n'autorise pas à tirer de conclusions générales puisque sa portée est limitée à l'étude d'un seul facteur écologique, la nature chimique du sol.

Cependant, il apparaît clairement que la minéralisation plus ou moins poussée du sol constitue un des facteurs déterminants des groupements de micromycètes.

TABLEAU VIII

Répartition des Micromycètes d'après les types de sols étudiés

	Sols tourbeux						Sols minéraux					
Formation végétale	Tourbière haute			Bétulaie	Aulnaie	Tourbière drainée	Tourbière incendiée	Pessière		Lande		
Profondeur en cm	0 - 25	25 - 50	50 - 75	0 - 20	0 - 30	0 - 15	0 - 15	0 - 5	5 - 30	0 - 7	7 - 13	13 - 19	19 - 30
% de bendres	3.55	3.99	3.74	12	15	17.4	74.9	63	90	8	44.8	84	
Micromycètes des sols tourbeux													
Cephalosporium sp.	+			+									
Aspergillus versicolor (VUILL.) TIRAB.	+	+		+									
Penicillium purpurrescens (SAPP.) RAPER et THOM.	+	+			+								
P. viridicatum WESTL.		+											
Mycelium stérile A	+	+											
Geotrichum candidum LINK				+									
Beauveria globulifera (SPEG.) PICARD				+									
Cladosporium herbarum LINK				+	+								
Phomopsis sp.				+									
Mucor Jansseni LENDNER					+								
Cylindrocarpon obtusisporum (CKE et HARK.) WR.					+								
Penicillium brevicompactum DIERCKX					+								
Micromycète des sols minéraux													
Mucor ramanntanus MÖLLER								+		+			
Micromycètes indifférents													
Mortierella pusilla var. *isabellina* (OUD.) ZYCHA	+	+	+	+				+	+			+	+
Mucor hiemalis WEHMER				+	+			+		+			
M. mucedo BREF.				+	+			+		+			
Penicillium notatum WESTL.				+	+			+		+	+		
P. thomii MAIRE	+			+	+		+	+		+	+		
Isaria farinosa (DICKS.) FR.	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Trichoderma viride PERS. ex FR.	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Au cours de recherches ultérieures, il serait possible de voir quels autres facteurs chimiques du sol ont une action dans ce domaine : par exemple, la teneur en lignines et celluloses.

UNIVERSITÉ DE LIÈGE
Institut de Botanique,
Institut de Morphologie végétale
et Station Scientifique des Hautes-Fagnes

BIBLIOGRAPHIE

Bouillenne R. — 1926 — Evolution récente de la Végétation des Hautes Fagnes du Plateau de la Baraque Michel. Bulletin de la Soc. Royale de Belgique, t. LIII, fasc. 2.

Nègre G. — 1927 — La Tourbe. Formation - Gisements français - Exploitation - Traitement - Utilisation industrielle. Gaston Doin et Cie., Editeurs, Paris.

Ramaut J. — 1948 a — Quelques observations microbiologiques des Tourbières acides du Trou Brouly. Société Royale des Sciences de Liège, n° 2.

Ramaut J. — 1948 b — Etude biochimique des Tourbières acides de la Baraque Michel. I. Introduction et Techniques chimiques. Lejeunia, Revue de Botanique, tome 12.

Ramaut J. — 1948 c — Etude biochimique des Tourbières acides de la Baraque Michel. II. Analyses de profils. Lejeunia, Revue de Botanique, tome 12.

Waksman S. A. — 1930 — Chemical composition of peat and the role of microorganisms in its formation. American Journal of Science, vol. XIX January.

Waksman S. A. — 1942 — The peats of New Jersey and their utilization. Geologic Series, Bull. 55.

Extrait du Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège
N° 11 — 1953

Étude de la perméabilité de la tourbe à l'eau

par J. RAMAUT et P. DEUSE (*)

Introduction

De nombreux travaux ont mis en évidence les particularités diverses des sols tourbeux et en ont étudié les multiples aspects. C'est ainsi que la nature colloïdale et le rôle que celle-ci joue dans les équilibres biologiques des hautes tourbières à Sphagnum hygrophiles ont été aperçus.

Dans une tourbière non altérée, les colloïdes tourbeux possèdent la propriété de capter d'énormes quantités d'eau (1). L'altération de la tourbière se traduit par une diminution du pouvoir non seulement d'imbibition colloïdale, mais aussi de capillarité.

La question se pose de savoir ce que devient l'eau météorique au sein de la masse colloïdale? Sur ce point, des divergences de vues existent. Nous considérerons ici le cas des tourbières des Hautes-Fagnes de Belgique qui se présentent sous l'aspect de tourbières de pente. On peut dissocier le problème comme suit :

1. Ou bien l'eau qui a été absorbée par la tourbe ne peut pas être rendue à la circulation et seul l'excès est utilisable; dans ces conditions, la tourbière fonctionnerait comme un lac débordant et ne présenterait aucun intérêt au point de vue hydrologique; elle serait un obstacle à la récupération de la masse d'eau qu'elle retient.

2. Ou bien l'eau incorporée dans la tourbe est libérée lentement sur les pentes et le capital en eau n'est pas perdu; il présenterait l'avantage d'être distribué régulièrement; accumulé pendant les périodes pluvieuses, il serait libéré progressivement.

(*) présentée par M. R. Bouillenne.

La contradiction entre ces deux affirmations résulte d'une connaissance incomplète de la texture de la tourbe et du comportement des colloïdes tourbeux vis-à-vis de l'eau.

Nous relatons ici une expérience qui tente de préciser la question de savoir si l'eau peut traverser la masse de tourbe et quelles sont les conditions requises pour ce passage éventuel.

SCHEMA DU MODE DE PRELEVEMENT

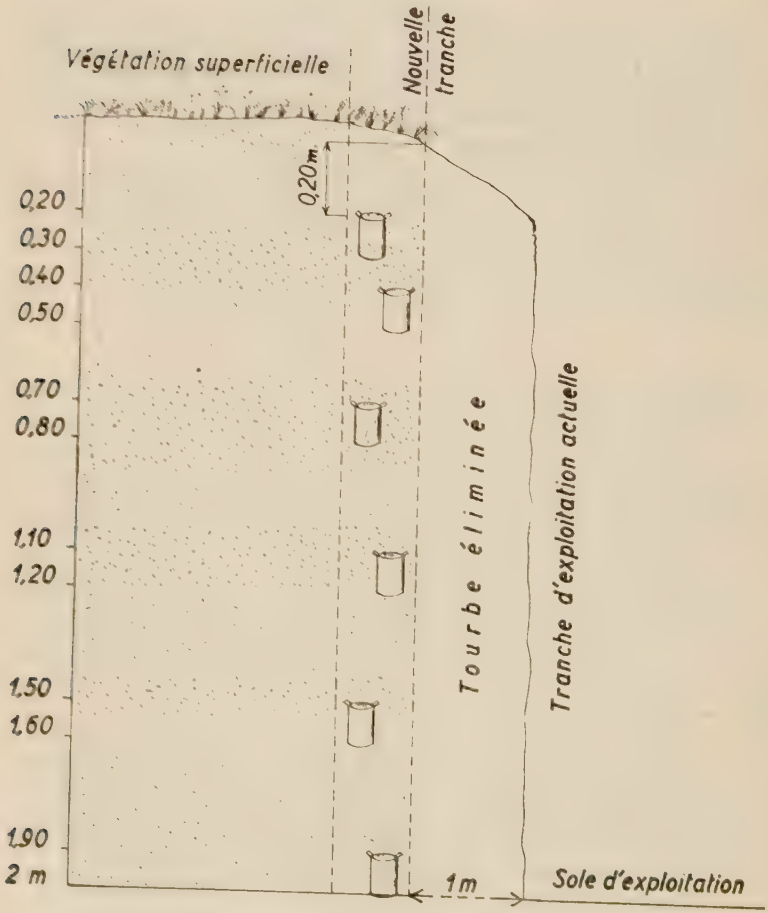


Schéma 1

I. — Techniques de prélèvement

Les prélèvements ont été effectués en Fagne Wallonne et dans la tourbière de Sourbrodt :

En Fagne Wallonne, dans la tranche d'exploitation de 1952 à Drello, on a creusé un sillon vertical d'un mètre de diamètre sur toute la hauteur de la tourbière, de manière à obtenir des échantillons de tourbe qui n'ont pas été en contact avec l'air (schéma 1). L'opération a eu lieu aux niveaux suivants : 0,20 - 0,30 m; 0,40 - 0,50 m; 0,70 - 0,80 m; 1,10 - 1,20 m; 1,50 - 1,60 m; 1,90 - 2 m. L'association végétale de surface est un *Sphagnetum papillosi molinietosum.*

Dans la tourbière de Sourbrodt, on a uniquement pris des échantillons en surface à 5 cm sous la végétation. L'association végétale est un *Sphagnetum papillosi typicum.*

On a opéré avec la technique utilisée en pédologie :

1. On enfonce dans la tourbe des cylindres métalliques à bord inférieur tranchant, de poids et volume connus (0,550 kg; 850 cc). Avec quelques précautions, on parvient à obtenir des cylindres de tourbe dont la texture et la composition ne sont pas modifiées.

2. Lors du prélèvement on enfonce le cylindre jusqu'à un centimètre en deçà du bord supérieur.

3. On retire le cylindre de la tourbière, après avoir, d'un coup de bêche, déconnecté la partie inférieure et égalisé celle-ci soigneusement avec un couteau; la tourbe humide adhère aux parois et ne subit aucun glissement.

4. Après prélèvement, les cylindres sont fermés aux deux extrémités par des couvercles hermétiques.

5. A chaque niveau, deux échantillons parallèles ont été pris.

II. — Expériences au laboratoire

1. Les cylindres sont transportés avec précaution et rapidement au laboratoire et leurs deux couvercles sont enlevés. On adapte à la partie inférieure un crible à mailles de 1 mm (photo 1).

2. Les cylindres sont pesés et pour chacun d'eux, on détermine le pourcentage en eau de la tourbe au moment de l'ouverture (par dessication à 100° C).

3. Les cylindres sont alors placés sur des entonnoirs connectés à des flacons récepteurs. Il est important de signaler que dans toutes ces manipulations, aucun échantillon n'a subi de perte d'eau.

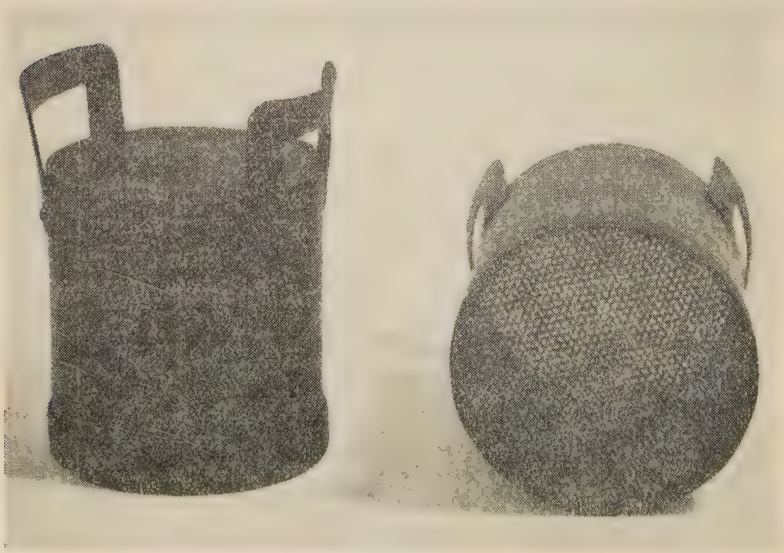


Photo 1. — Cylindre utilisé pour les prélèvements de tourbe; à g., Appareil après prélèvement, fermé par deux couvercles (à la base et au sommet); à dr. le couvercle inférieur est remplacé par un crible.

Photo 2

4. Au-dessus de chaque cylindre, on dispose une boule à décantation (photo 2) contenant une quantité connue d'eau distillée (100 cc. ou 200 cc.) dont on règle le débit et l'eau tombe goutte à goutte sur la masse de tourbe. Il convient de ménager à la surface de la tourbe une légère dépression de manière que l'eau ne recouvre pas la surface totale de l'échantillon et ne trouve passage entre la paroi du cylindre et la tourbe.

5. Un récipient de même volume que les cylindres placé à côté de la série expérimentale, reçoit une quantité d'eau égale au volume occupé par la tourbe dans les cylindres. On mesure de cette façon l'évaporation pendant la durée de l'expérience. Cette quantité est négligeable.

6. Afin de réaliser les différentes mesures de teneur en eau, nous prélevons dans la tourbe de chaque cylindre des échantillons d'environ 10 grs. Ceux-ci sont découpés au moyen d'un perce-bouchon, instrument qui permet de prélever sans détruire la texture de la masse.

Nous déterminons par ce procédé :

a. La teneur en eau de la tourbe au moment de la mise en expérience.

b. La teneur en eau au moment où l'eau ajoutée expérimentalement parvient à la base de l'échantillon et s'égoutte dans le récipient.

c. La teneur en eau de l'échantillon lorsqu'il ne libère plus d'eau, après que la quantité d'eau distillée s'est égouttée complètement.

d. La quantité d'eau qui a traversé l'échantillon.

e. Le temps qui s'écoule entre le début de l'expérience et le moment où la première goutte apparaît à la base des cylindres ainsi que le moment où le suintement cesse après épuisement d'un volume d'eau déterminé.

Résultats

Nous avons constaté les faits suivants : (Tableau I)

1. Tous les échantillons témoins, qui n'ont pas reçu d'eau distillée, ne laissent suinter aucune eau à leur base.

2. L'eau ne stagne pas à la surface de la tourbe, elle y pénètre. Elle apparaît à la base après un certain temps.

3. Les mesures de teneur en eau de la tourbe en % par rapport au poids frais montrent que les divers échantillons pris en Fagne Wallonne et dans la tourbière de Sourbrodt contiennent entre 83,6 et 90,3 %.

La tourbe paraît progressivement hydratée à mesure que l'on s'adresse à des niveaux plus bas : moyennes de 84,1 % entre 10 et 20 cm ; de 89,1 % entre 1,80 et 2 m.

La comparaison entre les teneurs en eau observées en août 1952 et en octobre 1952, dans la tourbière de Drello, dans deux cheminées voisines, ne révèlent aucune différence sensible. Cependant, les échantillons pris à la surface dans la tourbière de Sourbrodt se révèlent très hydratés (88,9 %). Il est vrai que cet échantillonnage a été fait en contact avec un Sphagnetum non altéré.

TABLEAU I

Endroit et niveaux de la prise de tourbe		Teneur en eau de l'échantillon au moment du prélèvement % du poids frais	Pourcentage moyen en eau	Poids de l'échantillon frais	Quantité d'eau (c.c.) amenée sur la masse de tourbe	Temps nécessaire à l'apparition d'un écoulement basal	Teneur en eau au moment de l'écoulement % du poids frais	Durée de l'écoulement	Teneur en eau à l'arrêt de l'écoulement	Quantité d'eau qui a traversé la masse (c.c.)
Fagne Wallonne. Août 1952 Tourbière de Drello										
Ech. 10 à 20 cm.	(a)	83,6	84,1	—	+ 100	4.45 h	88,4	22 h	87	51,5
	(b)	84,7		—	+ 100	5.30 h	90,8	32,30	86,6	50
30 à 40 cm.	(a)	85,5	86,1	—	+ 100	24 h	—	51 h	86,6	50
	(b)	86,6		—	+ 100	36 h	88,9	65 h	87,5	30
70 à 80 cm.	(a)	88,6	88,6	—	+ 100	5.30	—	16 h	88,5	60
	(b)	88,6		—	+ 100	5.30	90,7	16 h	89	32
95 à 105 cm.	(a)	88,5	88,7	—	+ 100	5.15	91,3	21 h	—	45
	(b)	88,8		—	+ 100	7.30	—	21 h	87,9	55
180 à 200 cm.	(a)	89,7	89,1	760	+ 100	4 h	92,1	22 h	90	30
	(b)	88,6		815	+ 100	9 h	92,7	69 h	90	20

TABLEAU I (*suite*)

Fagne wallonne. Oct. 1952 Tourbière de Drello											
Ech 20 à 30 cm.	(a)	84,4	84,6	622	+ 100	17′	88,2	3 h	86,5	—
	(b)	84,9		729	+ 100	25′	87,2	3.20	86,6	51
40 à 50 cm.	(a)	86,1	86,5	689	+ 100	15′	87,1	4.15	87,7	61
	(b)	87		718	+ 100	1′	88,7	4 h	86,7	61
75 à 85 cm.	(a)	88,8	88,7	776	+ 100	15′	92,1	8,30	87,8	51
	(b)	88,6		732	+ 100	35′	89,2	5,25	89,8	66
100 à 120 cm.	(a)	89,4	89,7	748	+ 100	5,40	89,5	42 h	90	—
	(b)	90,0		752	+ 100	3,05	90,2	31 h	89,5	46
150 à 170 cm.	(a)	89,6	89,9	731	+ 100	35′	91,9	5,05	90,9	56
	(b)	90,3		744	+ 100	35′	89,7	3,40	90	56
Fagne de Sourbrodt Août 1952										
	a)	84,5		740	0 témoin	0	—	0	—	—
Ech. pris en surface	b)	86,9		645	+ 100	5 h.	—	21 h	—	11
à 5 cm.	c)	86,1	85,6	735	+ 100	10 h	—	28 h	—	10
sous le	d)	86,4		740	+ 100	3,15	87,4	5 h	—	25
Sphagnetum	e)	86,0		728	+ 100	2 h	90,7	5 h	—	31
	f)	83,9		750	+ 100	3,45	—	5 h	—	28

4. La tourbe subit une hydratation au fur et à mesure que l'eau pénètre dans les échantillons.

5. Nous avons mesuré le pourcentage obtenu :

a. au moment où l'eau commence à goutter au bas des cylindres;

b. au moment où l'écoulement basal vient à cesser.

On constate que la quantité d'eau reçue n'est jamais libérée intégralement au cours de l'écoulement. Pour les tourbes de Drello, la quantité retenue oscille autour 45 à 50 cc; pour celles de Sourbrodt, elle est voisine de 73 cc., dans le cadre des volumes des échantillons.

5a. En ce qui concerne l'état d'hydratation de la tourbe lorsque l'eau arrive à suinter à la partie inférieure et a ainsi traversé une hauteur de 10 cm de tourbe, on constate dans tous les échantillons une teneur moyenne de 90 % d'eau, quel que soit le lieu et la profondeur où ils ont été prélevés et par conséquent quelles que soient la texture et l'hydratation de départ.

5b. Lorsque l'eau cesse de couler après une absorption de 100 cc d'eau distillée, on observe partout une teneur moyenne légèrement inférieure de 88,4 %.

6. Les quantités d'eau retenues restent respectivement les mêmes si l'on ajoute, au lieu de 100 cc, 200 cc par exemple; elles sont plus considérables que les quantités nécessaires à atteindre 90% à partir de l'hydration de chaque échantillon (voir Tableau I et II).

7. La traversée de la masse de tourbe par une même quantité d'eau demande des temps très variables. Le temps qui s'écoule entre la mise en route de l'expérience et l'apparition de la première goutte d'eau à la base de l'échantillon ne suit aucune règle; aucune moyenne ne peut être calculée.

8. La durée de l'écoulement pour une quantité d'eau donnée, semble directement liée à la structure de l'échantillon.

TABLEAU II

Eau retenue dans les volumes identiques des échantillons de tourbe, en rapport avec les quantités d'eau distillée données (100 et 200 cc.)

	Niveau des prélèvements dans les tourbières (en cm.)	Eau donnée en cc.	Eau libérée en cc.	Eau fixée en cc.	Eau théoriquement nécessaire à l'obtention des 90%	Eau retenue supplémentairement en c.c.
Drello (octobre)	20 à 30	100	51	49	37,2	11,8
	40 à 50	100	61	39	26,9	12,1
		100	61	39	21,5	17,5
	75 à 85	100	51	49	9,3	39,7
		100	66	34	10,2	23,8
	100 à 120	100	46	54	0	54
	150 à 170	100	56	44	2,9	41,1
		100	56	44	0	44
				Moyenne = 44		
Drello (octobre)	20 à 30	200	150	50	34,5	15,2
	40 à 50	200	160	40	26,9	13,1
	75 à 85	200	151	49	9,3	39,7
	95 à 105	200	155	45	4,5	40,5
	180 à 200	200	130	70	2,3	67,7
				Moyenne = 50		
Sourbrodt (août)	0 à 5	100	25	75	26,4	48,6
		100	31	69	29,3	39,7
				Moyenne = 72		
Sourbrodt (août)	0 à 5	200	128	72	45,8	26,2
		200	125	75	26,6	48,4
				Moyenne = 73,5		

Discussion

Nos résultats montrent d'une façon précise que le suintement à travers la masse de tourbe ne s'obtient que si cette dernière a atteint une teneur en eau moyenne de 90 %, quelles que soient l'origine et la profondeur de la prise d'échantillon.

La comparaison entre l'hydratation permettant le premier suintement (90 %) et celle qui se présente lorsque celui-ci s'arrête (88.4 %) nous conduit à penser que les 90 % représentent à la fois l'eau nécessaire à la saturation du colloïde et celle qui correspond à la capillarité.

Que signifient dans le cadre de l'hydrologie des Hautes-Fagnes, ces résultats collectés au cours de nos nombreux essais dans les tourbières de pente de la Baraque-Michel ?

La tourbe est-elle un substrat imperméable à l'eau ou bien constitue-t-elle une nappe aquifère intéressante, ayant une activité régulatrice dans la distribution de l'eau sur les versants du Haut-Plateau et dans le débit des ruisseaux des vallées environnantes ?

1. Certains défendent l'idée que l'eau tombant, en été sur la tourbe, y pénètre, mais n'en sort pas ou très difficilement; ils acceptent le point de vue d'une perte en eau par retention presque totale des précipitations atmosphériques qui sont ainsi retirées de la circulation. En hiver, ils postulent une perte par ruissellement exagéré sur la surface du fait que la masse gorgée d'eau ne peut en capter l'excédent. Ils admettent l'existence d'une « nappe aquifère dans la tourbe », mais comparent la tourbière à un lac : il n'y a pas d'écoulement possible si ce n'est par les bords lors d'un afflux massif d'eau.

Cette position équivaut à déclarer la masse de tourbe imperméable à l'eau et à lui enlever tout rôle régulateur, dans une distribution le long des pentes. On comprend très bien que cette façon de voir amène l'idée que la tourbière intacte n'est pas un faciès intéressant dans l'hydrologie du Haut-Plateau.

2. D'autres chercheurs envisagent les faits comme suit :

au sein de la tourbe existe une nappe aquifère; certes la tourbe capte et capitalise les précipitations atmosphériques, mais elle est capable de libérer sur les pentes une certaine masse d'eau d'une manière lente et régulière. La tourbière a un rôle régulateur dans le régime des eaux et loin d'être imperméable et analogue à un lac, elle est au contraire semblable à une vaste éponge.

Nos observations apportent une confirmation à ce dernier point de vue. En effet, elles démontrent que si la tourbe *non saturée* dans son imbibition et sa capillarité capte l'eau sans la rendre, jusqu'à une hydratation de 90 %, elle est susceptible, au delà de cette teneur en eau, de se laisser traverser par tout excès d'eau qui lui viendrait d'un Sphagnetum humide.

Cette traversée dépend de la pesanteur et se réalise en des temps variables par suite de facteurs que nous tâcherons de définir dans de prochains essais et qui sont vraisemblablement dûs à des particularités de la structure tourbeuse.

On comprend que, du fait d'une sécheresse parfois très grande (été) et de l'évaporation, la quantité d'eau tombée sur une tourbière ne suffise pas toujours à placer la masse de tourbe dans les conditions d'hydratation nécessaire à un écoulement.

En hiver, on objecte la perte d'une énorme quantité d'eau par ruissellement et on assimile la tourbière à un lac. Nous ne nions pas que, dans ces conditions de surabondance d'eau, il y ait perte par ruissellement; mais nos expériences montrent que la perte n'est pas totale, car les 90 % d'hydratation sont atteints rapidement, l'eau pénètre par le seul effet de la gravité et s'écoule plus ou moins facilement, selon la texture de la tourbe, vers le fond de la tourbière. Etant donné l'épaisseur moyenne (4 m.) des tourbières, une réserve considérable est captée et elle s'élimine à retardement.

Il est cependant un point sur lequel nous voudrions attirer l'attention, car il semble exprimer une particularité importante de la tourbe et ouvre la voie à de nouvelles investigations que nous entreprendrons prochainement.

Au cours de nos expériences, nous avons constaté que la quantité d'eau reçue par la masse de tourbe (100 ou 200 cc)

n'était pas restituée intégralement lors de l'égouttage; ceci est tout à fait normal puisque nous devons atteindre une hydratation de 90% avant que le filtre tourbeux fonctionne, mais ce qui devient anormal, c'est que la quantité totale d'eau fixée dépasse la quantité nécessaire à l'atteinte des 90 %; de plus, cette quantité fixée est indépendante de la quantité totale d'eau reçue par cet échantillon. Ceci ne peut s'expliquer que par la texture différente des échantillons et pourrait être le résultat des actions de capillarité différentes. (Tabl. II).

* * *

L'étude du travail de R. Bouillenne publié en 1938 (1) nous permet d'arriver à des conclusions similaires alors que l'auteur a utilisé une technique différente.

Dans cette étude, il détermine la teneur en eau d'échantillons de tourbe correspondant à 100 gr de matière sèche, les hydrate au maximum, laisse goutter, puis détermine à nouveau la teneur en eau. En fait, au moment où l'égouttage cesse, nous nous trouvons au moment où les forces de rétention (capillarité et imbibition) équilibrent celle de la pesanteur : l'eau ne suinte plus.

Voici ses résultats exprimés pour 100 gr. sec :

TABLEAU III

Profondeur (Tourbière Marquet)	Poids sec en gr.	Teneur en eau au moment de la prise par temps sec	Teneur en eau après imbibition maximum et égouttage sur papier filtre
0,50	100	663	1708
1 m.	100	801	1962
1,50	100	700	1560
2 m.	100	690	1880
2,50	100	762	1540
3,10	100	608	1432

Si nous calculons maintenant les % en eau par rapport au

poids frais correspondant à chacun des niveaux étudiés, nous trouvons les valeurs suivantes :

TABLEAU IV

Niveaux	% au moment du prélèvement	Après Egouttage	Après imbibition maximum Sans Egouttage
0,50	86,9	94	
1,00	88,8	95	
1,50	87,3	94	98,4 %
2,00	87,3	93	
2,50	88,00	94	
3,10	85,00	92	

1. Au moment de l'expérience, la tourbe a en moyenne 87,2 % d'eau;

2. Après hydratation maximale : 98,4 %;

3. Après égouttage : 94 %.

D'après ces valeurs, les pourcentages en eau qui permettent à la pesanteur de l'emporter sur les forces de rétention colloïdale et capillaire sont situés entre 94 et 98,4 %. A ce moment, la tourbe laisse passer l'eau tout comme nos échantillons se laissent traverser dès qu'ils ont 90 % d'eau. Le jeu de l'eau liquide mobile dans la tourbe intéresse donc la différence entre 98 et 94 % d'hydratation, qui, dans la réalité des faits, représentent des masses énormes d'eau.

Si nous examinons maintenant le rapport entre l'hydratation maximale et l'hydratation au moment où cesse l'égouttage, nous constatons que les échantillons absorbent 11,7 % d'eau pour être imbibés au maximum et en restituent 4,4 %.

100 gr *de tourbe sèche* absorbe 1962 gr d'eau pour atteindre l'imbibition maximale de 94 % (chiffre qui correspond à la limite atteinte après égouttage), mais elle en absorbe environ

6000 gr pour atteindre 98 % qui correspondent au maximum d'imbibition sans égouttage, c'est-à-dire qu'il y a restitution par écoulement de 4000 gr d'eau.

A l'échelle d'une tourbière, ces chiffres représentent une énorme masse d'eau qui s'écoule progressivement le long des pentes après pluie ou fonte des neiges.

Devant de tels chiffres, il nous paraît impossible de nier le rôle régulateur des tourbières.

Les résultats que nous avons obtenus en laboratoire confirment ceux présentés par R.Bouillenne en 1938. Ils montrent que le cheminement de l'eau à travers la tourbe obéit à trois phénomènes physiques distincts : la pesanteur, l'état colloïdal, la capillarité.

La tourbe est un colloïde dont le pouvoir de rétention vis-à-vis de l'eau est grand ; ce colloïde exige pour être saturé de fortes quantités d'eau et tant que ce stade de saturation n'est pas atteint, l'action de la pesanteur ne peut jouer. En plus de l'eau de saturation, la tourbe retient par capillarité une certaine quantité d'eau ; toute eau ajoutée ensuite chemine sous l'effet de la pesanteur, filtre à la base de l'échantillon et le suintement s'arrête lorsque la force de capillarité est suffisante pour retenir autour des particules tourbeuses une certaine quantité d'eau.

Il apparaît donc clairement que la tourbe loin d'être imperméable est au contraire une éponge végétale extrêmement bien organisée. La tourbière au lieu de s'assimiler à un lac, s'identifie à une distribution d'eau régie par les lois de l'état colloïdal, de la pesanteur et de la capillarité.

Université de Liège.
(Institut de Botanique et Station scientifique des Hautes-Fagnes).

BIBLIOGRAPHIE

(1) R. Bouillenne, *Parcs Nationaux. Etude de la Région des Hautes-Fagnes.* Ed. I. Plumhans, Verviers 1938.

17746 Coulrick

Extrait du Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège
N° 12 — 1953

Contribution à l'étude du pouvoir inhibiteur des extraits aqueux et alcooliques de tourbe vis-à-vis d'un germe du sol (*)

par J. RAMAUT
Assistant

Les tourbières sont des biotopes très particuliers dont l'étude révèle une grande complexité biologique et physico-chimique.

Il en existe de deux types : les tourbières acides et les tourbières basiques.

Nous considérons uniquement dans ce travail les problèmes posés par les tourbières acides.

Actuellement, beaucoup de questions que l'on se pose au sujet de celles-ci sont loin d'être résolues et leur microbiologie, en particulier, constitue un sujet d'études très intéressant.

Pendant près d'un siècle, les tourbières ont été considérées comme des milieux stériles où la vie microbienne était un accident et où les microorganismes ne jouaient aucun rôle. Les géologues et les chimistes pensaient que la tourbification résultait de processus chimiques non biologiques d'hydrolyse, d'oxydation, de réduction et de condensation (1).

A cette conception s'est opposée celle de nombreux chercheurs (2) qui, dès 1912, ont démontré la présence de microorganismes dans les tourbes. Ces chercheurs ont établi le rôle actif des bactéries et des moisissures dans la dégradation des matières organiques des sols tourbeux. Selon eux, la tourbification est un phénomène biologique : son aspect chimique est secondaire.

L'Ecole de Waksman (3) distingue trois groupes de micro-

(*) Présenté par R. Bouillenne et M. Bouillenne-Walrand.

organismes qui ont des rôles distincts dans la formation et la décomposition des tourbes :

1) Les microorganismes qui opèrent une destruction rapide et partielle des résidus végétaux et donnent ainsi naissance à la tourbe jeune; ces organismes sont essentiellement aérobies.

2) Les microorganismes qui, après formation de la tourbe, la transforment, la dégradent lentement et continuellement; ils sont surtout anaérobies .

3) Les microorganismes qui, dans une tourbière drainée, décomposent la tourbe avec production de substances favorables à la végétation.

Les tourbières acides ont, en général, une micro-flore abondante cependant démunie de certains genres et espèces; de plus, l'activité desmolytique des germes qu'on y trouve doit être très faible.

Pour expliquer les caractères de la microflore, divers auteurs ont attiré l'attention sur le pH très acide des sols tourbeux (pH 3.8 — 4.5); le pH entraînerait la présence d'une microflore acidophile. Il limiterait la prolifération de nombreux germes (4).

D'autres auteurs insistent sur les conditions d'anérobiose créées par la saturation du milieu en eau. Le manque d'aération semble avoir une influence précise sur le maintien du milieu tourbeux puisque une tourbe drainée et aérée manifeste tout de suite des signes de décomposition.

Il nous paraît qu'un faisceau de facteurs physico-chimiques joue un rôle dans la composition de la flore microbienne des tourbières, et qu'il convient d'être prudent lorsqu'on discute de leur importance relative.

En 1948, il a été démontré (5) que :

1) La solution acétonique de l'extrait éthéré de tourbe possède une action bactéricide; ces substances bactéricides de la tourbe n'ont pas été identifiées.

2) L'acidité naturelle de la tourbe n'est pas le facteur exclusif qui en limite la population bactérienne; elle n'explique pas l'absence de certains germes, tel *Sarcina lutea*, qui peuvent vivre en bouillon au pH 4.2.

3) Il existe dans la tourbe des germes à activité bactériostatique et bactériolytique.

Nous rencontrons dans ces trois conclusions des faits qui n'avaient pas encore été aperçus et qui peuvent être mis en relation avec les particularités de la flore microbienne des tourbes. De plus, Sphagnum, mousse turfigène, semble, par nos travaux actuels, jouer un rôle important dans les faits observés. Nous savons que son métabolisme aboutit à la formation et à la mise en liberté de substances acides que nous avons isolées.

En 1939 déjà, L. Delarge (6) avait attiré l'attention sur le rôle du complexe biologique « Sphagnetum » dans l'acidité de nos tourbières.

En 1952, Pochon et de Barjac (7) mettent en évidence des faits du même type. Ces auteurs préparent suivant la méthode classique, des extraits aqueux de tourbe. Ils mélangent des poids égaux de tourbe et d'eau et les abandonnent à la macération durant 24 heures; ils filtrent ensuite et recueillent *un extrait aqueux à froid*; cet extrait est stérilisé par passage sur bougie.

Un extrait aqueux à chaud s'obtient en soumettant la tourbe, après 24 heures de macération, à l'action de l'autoclave durant 30 minutes, à 120 — 130° C. La filtration et la stérilisation se font comme pour l'extrait aqueux à froid. Les extraits de tourbe, ainsi obtenus, présentent un pH 6.2 — 6.3 — 6.7. (*)

L'extrait témoin est préparé en remplaçant la tourbe par de la terre. Son pH est de 7.

Les différents extraits de tourbe et de terre témoin sont ensemencés avec les organismes contenus dans une dilution 10^{-3} ou 10^{-7} d'une terre du Jardin de l'Institut Pasteur. Ils sont mis à incuber à 28° C.

(*) Nous voudrions préciser que dans nos extraits aqueux réalisés suivant la méthode classique, nous n'avons jamais atteint de pH aussi peu acide. Nos échantillons prélevés dans les tourbières de la Baraque-Michel ont un pH compris entre 4.0 et 4.6 au moment du prélèvement. Les extraits aqueux à froid ont pH 5.5 à 5.9, les extraits aqueux à chaud pH 5 à 5,5, d'où nous devons les neutraliser avant utilisation.

Les résultats de Pochon et de Barjac mettent en évidence une action inhibitrice des extraits aqueux naturels des germes d'un sol minéral action qui ne peut imputer à l'acidité puisque tous les extraits ont un pH proche de la neutralité. En collaboration avec J. Dry, nous avons confirmé cette action inhibitrice en suivant la technique proposée par ces auteurs.

Il nous paraît cependant nécessaire d'insister sur le fait que les extraits aqueux de tourbe sont des milieux oligo-trophiques beaucoup moins riches que l'extrait naturel d'un sol minéral. Il est donc possible que la croissance des germes du sol soit fortement ralentie sur extrait de tourbe non pas à cause de son action inhibitrice mais à cause de la pauvreté du milieu.

Il nous a paru intéressant au cours de ce travail de vérifier l'action inhibitrice des extraits aqueux de tourbe. Nous n'avons pas suivi la technique de Pochon et de Barjac parce que nous avons cru indispensable d'expérimenter de manière à éliminer l'influence possible d'une différence dans les constituants des milieux tourbeux et témoins. D'autre part, nous avons recherché en outre si les extraits alcooliques de tourbe ne révèlent pas eux aussi une action inhibitrice.

MATERIEL ET METHODES

1. — Les extraits aqueux ont été préparés d'une manière toute différente de celle proposée par la méthode classique des extraits de sols.

a) *Extrait aqueux à froid*

100 gr de tourbe fraîche sont placés dans 300 cc d'eau distillée et abandonnés en macération durant 24 heures ensuite on agite d'une manière continue pendant 1 heures. Vibro-Mixer, on filtre et réduit le volume de la solution à 20 cc par distillation sous pression réduite.

On stérilise par filtration sur bougie et on utilise la solution

b) *Extrait aqueux à chaud*

100 gr. de tourbe fraîche sont placés dans 500 cc. d'eau distillée et soumis à ébullition à reflux pendant 3 heures. On filtre et la solution est évaporée à sec par simple ébullition. On recueille un extrait sec, brun noirâtre; une quantité pesée de cet extrait est remise en solution dans l'eau distillée, stérilisée à l'autoclave 10 minutes à 120° C.

2. — L'extrait alcoolique provient d'une lixiviation de tourbe séchée et broyée par l'alcool méthylique; la solution alcoolique est distillée sous pression réduite et amenée à siccité. On redissout l'extrait sec dans l'alcool éthylique et on utilise la solution obtenue.

3. — Le milieu témoin est le bouillon liquide, pH 7.

4. — L'ensemencement des milieux se fait avec 1 cc. d'une suspension de *Sarcina lutea*, bactérie commune des sols minéraux; l'incubation est réalisée à 26-28° C.

Comportement de Sarcina lutea en bouillon + extrait aqueux obtenu a froid

9 cc. bouillon + 5 cc. extrait aqueux + 1 cc. suspension Sarcina.

9 cc. bouillon + 5 cc. eau stérile + 1 cc. suspension Sarcina.

Incubation à 28° C.

RESULTATS

Temps en jours	Nombre de colonies par c.c., dans :	
	Bouillon + Extrait	Bouillon-Témoin
0	18×10^5	18×10^5
3	1×10^5	450×10^5

1. — Dans le témoin, on observe une prolifération intense de *Sarcina lutea*.

2. — En présence de l'extrait, on assiste à une mortalité nette de la bactérie.

3. — L'acidité du milieu ne peut expliquer ces différences car le pH est voisin de 7. dans tous les milieux.

Comportement de Sarcina lutea en bouillon + extrait aqueux obtenu a chaud

Nous disposons d'une solution à 1 % d'extrait sec.

Nous en utilisons respectivement 0,5 cc soit 5 mgr. d'extrait sec et 2 cc. soit 20 mgr. d'extrait sec.

8 cc. de bouillon + 0,5 cc de solution + 1 cc. de suspension + 1,5 cc. eau stérile.

8 cc. bouillon + 2,0 cc. de solution + 1 cc. de suspension

8 cc. de bouillon + 1 cc. de suspension + 2 cc. eau stérile.

Temps en jours	Nombre de colonies par c.c., dans :		
	Bouillon + 5 mgr. extrait	Bouillon +20 mgr. extrait	Témoin (Bouillon)
0	4×10^6	4×10^6	4×10^6
2	2×10^6	4×10^5	62×10^6

1. — Dans le témoin, on observe une nette prolifération de *Sarcina lutea*.

2. — En présence de 5 mgr. d'extrait, il y a deux fois moins de germes viables.

3. — En présence de 20 mgr. d'extrait, il y a dix fois moins de germes viables.

4. — L'influence du facteur « Acidité » est écartée, dans tous les milieux, le pH est voisin de 7.

En conclusion, l'addition au bouillon d'extrait aqueux de tourbe, qu'il soit obtenu à froid ou à chaud, entraîne une des-

truction partielle des germes présents. D'après les résultats, on se trouverait en présence d'une action bactéricide.

Les extraits aqueux obtenus à chaud n'ayant pas été réalisés par emploi de l'autoclave à 120° C. durant 30 minutes, la tourbe n'a pu, comme le prétend Waksman (3), libérer des substances toxiques pour les bactéries, S. lutea en particulier; de ce fait, l'action inhibitrice résulte de substances naturellement présentes dans la tourbe.

Action d'un extrait alcoolique de tourbe sur une suspension de Sarcina lutea

L'extrait sec issu de la solution méthylique est repris par 5 à 8 cc. d'alcool éthylique 96°.

Nous disposons d'autre part d'une suspension de Sarcines contenant 52×10^5 colonies par cc. et nous opérons à un pH voisin de la neutralité.

ESSAI I

9 cc. de bouillon + 1 cc. de suspension + 0,5 cc. d'alcool 96° (Témoin).

9 cc. de bouillon + 1 cc. de suspension + 0, 5 cc. d'extrait alcoolique.

Temps	Nombre de colonies par c.c., dans :	
	Bouillon + 0,5 alcool	Bouillon + 0,5 d'extrait
0 jour	52×10^5	52×10^5
5 jours	11×10^5	5×10^5

ESSAI II

9 cc. de bouillon + 1 cc. de suspension + 0,2 cc. d'alcool (Témoin).

9 cc. de bouillon — 1 cc. de suspension — 0,2 cc. d'extrait alcoolique.

Temps	Nombre de colonies par c.c., dans :	
	Bouillon — 0,2 Alcool	Bouillon + 0,2 extrait
0 jour	25×10^6	25×10^6
8 jours	44×10^6	11×10^6

Au terme de ces deux essais, on note :

1. — L'alcool manifeste son pouvoir antiseptique là où il intervient à raison de 0,5 cc. pour 9 cc. de bouillon. La différence entre tubes recevant 0,5 cc. d'alcool ou 0,5 cc. d'extrait alcoolique de tourbe reste cependant significative.

2. — En dehors de cette action antiseptique propre à l'alcool, on constate que l'extrait alcoolique de tourbe inhibe nettement le développement de *Sarcina* : il a donc une action bactericide.

De l'ensemble de ces expériences on peut conclure que :

1) Les extraits aqueux de tourbe ont une action inhibitrice sur la multiplication de *Sarcina lutea*.

2) L'extrait alcoolique est également inhibiteur de la prolifération de cet organisme.

Institut Botanique de l'Université de Liège et Station scientifique des Hautes Fagnes.

BIBLIOGRAPHIE

1. — Bersch, W., *Handbuch der Moorkultuur*, Ed. 2. W. Frick, Wien U. Leipzig 1912, cité dans Waksman, Peat of New Jersey : 1942.
2. — Waksman, W. A. and Stevens, K. R., *Contribution to the chemical composition of peat : V. The role of microorganisms in peat formation and decomposition*. Soil Sci. 28 : 315-340, 1929 34, 95-113, 1932.
3. — Waksman S. A., *The peats of New Jersey and their utilization*, Part A. 1942.

4. — Miss A. Van Oosten, citée dans *Ecology of a Sphagnum Bog*. Raas-Becking et Nicolai : Blumea Vol. I, 1; 1934.

5. — J. Ramaut. *Quelques observations microbiologiques des tourbières acides du Trou Brouly*; Soc. Roy. des Sci. de Liège, N° 2; 1948.

6. — L. Delarge. *Variation du pH des eaux de tourbières de la Barraque Michel sous l'influence de la pluie et de la sécheresse*. A. F. A. S. 63e session, 1939 et Reflets d'une âme. Léon Delarge, 1914-1940, p. 59-64. Liège, Vaillant-Carmanne.

7. — Pochon et de Barjac, H. *Action inhibitrice des extraits aqueux de tourbe sur la croissance des germes du sol*. Ann. Inst. Pasteur 1952, 82 (2) 196-199.

ERRATUM

Bulletin 1953,

p. 368, ligne 4 en remontant :

au lieu de
d'ordre en possédant,...

lire
d'ordre $2n$ possédant,...